

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie  
der Universität Würzburg  
Direktor: Professor Dr. med. Maximilian Rudert

**Analyse der Gründe für Revisionsoperationen bei einliegender  
Knieprothese**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
vorgelegt von  
**Susanne Dörries**  
aus **Kaufbeuren**

Würzburg, Dezember 2019

**Referent:** apl. Prof. Dr. med. Maik Hoberg

**Korreferent:** Priv.-Doz. Dr. med. Stefanie Hölscher-Doht

**Dekan:** Prof. Dr. med. Matthias Frosch

**Tag der mündlichen Prüfung:** 01. 10. 2020

**Die Promovendin ist Ärztin.**

Widmung

Meinen lieben Eltern

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Grundlagen .....	1
1.1	Das Kniegelenk.....	1
1.2	Historie der Knieendoprothetik .....	3
1.3	Knieprothesentypen und ihre Indikationen .....	4
1.3.1	Unikondyläre Prothesen .....	4
1.3.2	Bikondyläre Prothesen .....	5
1.3.3	Scharnierprothesen .....	6
1.3.4	Modulare (Tumor-)Endoprothesen.....	6
1.3.5	Allgemeine Bemerkungen .....	6
1.4	Revisionsgründe .....	8
1.4.1	PE-Abrieb.....	9
1.4.2	Aseptische Lockerung .....	10
1.4.3	Tibiofemorale Instabilität.....	10
1.4.4	Bewegungseinschränkung und Arthrofibrose .....	12
1.4.5	Periprothetische Infektion .....	12
1.4.6	Malalignment.....	14
1.4.7	Periprothetische Fraktur .....	15
1.4.8	Sekundäre Retropatellararthrose.....	18
1.5	Diagnostik in der Revisionsendoprothetik .....	19
2	Material und Methoden .....	21
2.1	Studiendesign .....	21
2.2	Patientenkollektiv .....	21
2.3	Datenerhebung .....	21
2.4	Statistische Auswertung.....	23

3	Ergebnisse .....	24
3.1	Patientengut.....	24
3.2	Ursachen allgemein .....	25
3.3	Zeitdauer bis zur Revision.....	27
3.4	Ursachen aufgeschlüsselt nach Dauer.....	27
3.4.1	Zeitraum < 1 Jahr .....	28
3.4.2	Zeitraum 1–3 Jahre .....	29
3.4.3	Zeitraum > 3 Jahre .....	31
3.4.4	Unbekannter Zeitraum.....	32
4	Diskussion .....	34
4.1	Fragestellung .....	34
4.2	Stärken und Schwächen der Studie .....	34
4.3	Revisionsgründe .....	35
4.3.1	Revisionsgründe allgemein im Vergleich .....	35
4.3.2	Zeit zwischen Primärimplantation und Revision.....	36
4.3.3	Gründe für frühe Revisionen.....	37
4.3.4	Gründe für späte Revisionen .....	39
4.4	Ausblick .....	41
5	Zusammenfassung .....	43
6	Abbildungsverzeichnis .....	45
7	Tabellenverzeichnis .....	46
8	Literaturverzeichnis .....	47
9	Danksagung .....	2
10	Lebenslauf .....	3



## Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body-Mass-Index
BSG	Blutsenkungsgeschwindigkeit
bzgl.	bezüglich
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
ggf.	gegebenenfalls
i.d.R.	in der Regel
Knie-TEP	Knie-Totalendoprothese
M.	Musculus
MRT	Magnetresonanztomographie
o. Ä.	oder Ähnliches
PCT	Procalcitonin
PE	Polyethylen
V. a.	Verdacht auf
s. o.	siehe oben
sog.	Sogenannt
s. u.	siehe unten

# **1. Einleitung und Grundlagen**

Mit einer immer älter werdenden Bevölkerung steigt der Bedarf an operativer Behandlung der Kniegelenksarthrose. Im Jahr 2005 wurden noch knapp 120 000 Primärimplantationen durchgeführt (Heisel & Jerosch, 2007), im Jahr 2016 bereits 187 319 (Bundesamt, 2016), und es ist davon auszugehen, dass diese Zahl weiter steigen wird. Die Implantation einer Knieprothese gehört zu den Standardeingriffen in der Orthopädie und wurde in den letzten Jahren stetig verbessert, sowohl hinsichtlich der Materialien als auch der chirurgischen Technik.

Hintergrund der vorliegenden Arbeit sind die Wechseloperationen, die sog. Revisionsoperationen, deren Anzahl durch die Zunahme der Prothesenimplantationen ebenfalls in den letzten Jahren deutlich gestiegen ist. Laut schwedischem Endoprothesenregister ist es in 6,5 % der Fälle nötig, das Ergebnis der ursprünglich implantierten Prothese durch eine erneute Operation zu verbessern (Annual Report 2017, 2017). Dies kann z. B. eine Arthrolyse, ein Inlaywechsel oder ein Totalaustausch sein. Um Rückschlüsse für die zukünftige Versorgung von Knieprothesen ziehen zu können, werden Studien zur Versagensanalyse von Prothesen durchgeführt. Diese Daten können dabei helfen, dass auch in Zukunft die Implantation einer Knie-TEP zu zufriedenstellenden Ergebnissen führt.

## **1.1 Das Kniegelenk**

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers und verbindet den Femur mit der Tibia. Es hat eine wichtige statische Funktion und ist für die reibungslose Dynamik der Fortbewegung mit verantwortlich. Sowohl die femorale als auch die tibiale Gelenkfläche sind mit Knorpel überzogen und befinden sich in der Gelenkkapsel. Diese ist ausgekleidet mit Synovialis, die die Gelenkschmiere bildet. Der Bewegungsvorgang im Kniegelenk ist vorwiegend eine Beugung bzw. Streckung. Bei starker Beugung ist zudem eine leichte Verdrehung möglich, aus der eine größere Bewegungsfreiheit resultiert. Geführt werden diese Bewegungen von der Muskulatur und den vielen Bändern am Kniegelenk (Aldinger, Clarius, Herre, & Martin, 2015b). Die Seitenbänder,

Ligamentum collaterale tibiale und Ligamentum collaterale fibulare, sind bei gestrecktem Knie gespannt und stabilisieren damit das Knie; bei Beugung sind sie entspannt und ermöglichen so eine leichte Rotations- bzw. Abduktions- und Adduktionsbewegung. Das mediale Seitenband, das Ligamentum collaterale tibiale, verstärkt die Gelenkkapsel und verläuft vom Epicondylus medialis femoris zur Tibia. Das laterale Seitenband, Ligamentum collaterale fibulare, liegt extrakapsulär und zieht vom Epicondylus lateralis femoris zum Caput fibulae (Prescher, 2011). Neben den Seitenbändern kommt den Kreuzbändern eine wichtige Rolle bei der Mechanik des Kniegelenks zu. Sie wirken rotationsstabilisierend durch ihren Verlauf: das hintere Kreuzband zieht vom medialen Femurkondylus zur Area intercondylaris posterior der Tibia, das vordere Kreuzband zieht vom lateralen Femurkondylus zur Area intercondylaris anterior der Tibia. Dadurch ist lediglich bei Kniebeugung eine Ein- bzw. Auswärtsrotation von 30–40° möglich (Heisel & Jerosch, 2007). Zwischen Femur und Tibia befinden sich der laterale und der mediale Meniskus. Sie bestehen aus Faserknorpel und haben folgende Funktionen: Ausgleich unterschiedlicher Radien, Druckverteilung und Stabilisierung des Kniegelenks (Aldinger et al., 2015b; Heisel & Jerosch, 2007; Prescher, 2011). Ein wichtiger weiterer Bestandteil des Kniegelenks ist die Patella. Sie dient als Sesambein in der Quadrizepssehne und ermöglicht damit die Kniestreckung durch die kräftige Oberschenkelmuskulatur. Die Rückseite der Patella und der Femur bilden das sog. Femoropatellargelenk, das bei der Kniegelenksarthrose immer mit begutachtet werden muss, da es bei einer knöchernen Dysplasie der Patella oder bei Achsfehlstellungen zu einer Hyperkompression und damit frühzeitig zu arthrotischen Veränderungen kommen kann (Heisel & Jerosch, 2007). Die muskuläre Stabilität wird gewährleistet durch den M. quadrizeps femoris, der v. a. für die Streckung des Beins verantwortlich ist; die Beinbeugung wird durch die ischiokrurale Muskulatur übernommen, die aus M. semimembranosus, M. semitendinosus, M. biceps femoris und M. soleus besteht (Heisel & Jerosch, 2007). Zu arthrotischen Veränderungen und damit zu einer eventuellen Indikation einer Knieendoprothesenversorgung können übermäßige sportliche Belastung, Traumafolgen, Beinachsenfehlstellungen, aseptische Knochennekrose

(M. Ahlbäck) und Stoffwechselstörungen, wie eine Chondrokalzinose oder Hyperurikämie führen (Heisel & Jerosch, 2007), (Aldinger et al., 2015b).

## 1.2 Historie der Knieendoprothetik

Die erste beschriebene Implantation eines Gelenks geht auf Themistokles Gluck zurück, der bereits 1890 verschiedene Gelenke aus Elfenbein anfertigte (Heisel & Jerosch, 2007). In den darauffolgenden Jahren folgten weitere Entwicklungen, allerdings bevorzugt die Hüftprothese betreffend. Durch die positiven Erfahrungen aus der Hüftendoprothetik, bei der mit verschiedenen Materialien geforscht wurde, entwickelte W. Campell 1940 ein aus Kobalt, Chrom und Molybdän bestehendes Implantat als Teilprothese für den distalen Femur. 1947 erfolgte die erste Totalendoprothese am Knie durch Robert Judet (Causero et al., 2014). In den Jahren danach erfolgten weitere Entwicklungen wie z. B. die Walldius-Prothese, die zunächst aus Acryl gefertigt wurde, später dann aus Metall und durch die separaten Komponenten für Femur und Tibia eine Knieflexion bis 90° ermöglichte. Die Verankerung und Sicherung der Prothesenteile erfolgte hier mit langen intramedullären zementfreien Schäften (Heisel & Jerosch, 2007).



Abbildung 1: Walldius-Prothese (Jerosch, Heisel, & Tibesku, 2015).

1973 wurde die erste „moderne Knieprothese“ entwickelt; John Insall konstruierte eine Prothese, die ausschließlich die geschädigten Knorpelgleitflächen ersetzte und dabei die Kollateralbänder stehen ließ, um für mehr Stabilität und

Funktionalität zu sorgen. Da bis zu diesem Zeitpunkt die Langzeitergebnisse der Prothesenimplantationen nicht befriedigend waren, erfolgte die Indikation zur Implantation einer Prothese meist sehr streng.

Erst durch weitere Entwicklungen mit Femurkondylen, die der Anatomie immer ähnlicher waren, und mit Erhalt des hinteren und/oder des vorderen Kreuzbands und den damit verbundenen besseren Ergebnissen wurde die Indikation zur Prothesenimplantation ab Ende der 80er-Jahre deutlich großzügiger gestellt. Ab 1952 entwickelte Francis M. McKeever eine isolierte tibiale Prothese, die später zur sog. Schlittenendoprothese weiterentwickelt wurde. Die erste Schlittenprothese aus Metall und Kunststoff entwickelte 1968 Frank Gunston, die allerdings keine zufriedenstellenden Resultate lieferte, da sie sich nicht ausreichend genug an den anatomischen und funktionellen Begebenheiten des Kniegelenks orientierte (Jerosch et al., 2015). Weitere unikondyläre Prothesen wurden Anfang der 1970er-Jahre von Leonhard Marmor und Eckart Engelbrecht entwickelt, die ebenfalls durch Sinterungen und frühzeitige Lockerungen sowie hohe Abriebraten nicht die erwünschten Erfolge brachten. Die Schlittenprothese wurde stetig weiterentwickelt und verbessert und findet heute vermehrt ihren Einsatz in der Kniegelenkschirurgie (Flören & Reichel, 2011).

### **1.3 Knieprothesentypen und ihre Indikationen**

Im Laufe der Jahre erfuhren die Prothesen eine stetige Weiterentwicklung und Verbesserung, sodass heute meist folgende Prothesenarten verwendet werden:

- unikondyläre Prothesen
- bikondyläre Prothesen
- Scharnierprothesen
- modulare (Tumor-)Endoprothesen

Sie werden nachfolgend im Detail beschrieben.

#### **1.3.1 Unikondyläre Prothesen**

Bei einer unikondylären Prothese handelt es sich um den Ersatz einer Femurkondyle und des gegenüber liegenden Tibiaplateaus. Die Femurkondyle

weist in der Regel starke arthrotische Veränderungen auf. Die femorale Oberfläche wird mit einer zementierten Kufe und die gegenüberliegende Tibiafläche mit Metall und einem zwischengelagerten PE-Teil versorgt (Heisel & Jerosch, 2007). Der Vorteil dieser Prothese besteht darin, dass die Seitenbänder und die Kreuzbänder intakt bleiben. Andererseits müssen diese allerdings präoperativ noch unversehrt sein, was die Indikationsstellung teilweise begrenzt. Als Indikationen zählen u. a. der unikondyläre Knorpelschaden, ein M. Ahlbäck sowie viele andere. Der M. Ahlbäck ist eine aseptische Osteonekrose der medialen Femurkondyle und kann mit einer Schlittenprothese gezielt therapiert werden. Die 10-Jahres-Standzeiten solcher Prothesen sind in vielen Studien mit 80,6 % zwar befriedigend, jedoch geringer als bei bikondylären Prothesen (Niinimäki et al., 2014).

### **1.3.2 Bikondyläre Prothesen**

Bikondylären Prothesen spielen heute in der operativen Versorgung von Knorpel-Knochen-Substanzdefekten am Knie eine große Rolle und gelten als Goldstandard. Sie bestehen aus einem femoralen Teil, der meist aus einer Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung gefertigt ist, und einem tibialen Anteil aus einer Titanlegierung. Zwischen Femur- und Tibiateil wird ein Inlay eingebracht, das aus PE besteht (Heisel & Jerosch, 2007). Voraussetzung für die bikondyläre Knieprothese sind ein funktionstüchtiger Kapsel-Band-Apparat sowie die muskuläre Stabilität durch Beuge- und Streckmuskulatur. Als Indikationen für diese Art von Prothese zählen, im Vergleich zur unikondylären Form, sowohl ein medialer als auch ein lateraler Knorpel-Knochen-Substanzdefekt sowie Achsfehlstellungen.

Die bikondylären Prothesen können weiter unterteilt werden in „Non-constrained“-Implantate (sog. achsfreie Implantate), die bei erhaltener Stabilität ihren Einsatz finden, und in „Semiconstrained“-Prothesen. Diese Semiconstrained-Prothesen haben den Vorteil, dass sie durch die Erhöhung des Plateaus und durch eine interkondyläre Box bei extremen Valgus- und Varusfehlstellungen besser stabilisieren. Zudem ist dieses Verfahren bei unzureichender Stabilität des Bandapparats indiziert. Als Nachteil der so erreichten Stabilität sind die

größeren Scherkräfte im Implantat-Zement-Knochen-Bereich zu berücksichtigen, durch die es nötig wurde, die Stiele der Prothesenteile im Laufe der Zeit zu verlängern, um etwaigen Brüchen oder Lockerungen vorzubeugen (Rabenseifner & Trepte, 2001).

Intraoperativ kann eine Auswahl zwischen non constrained oder semiconstrained angefertigten Prothesen erfolgen, sodass individuell entschieden werden kann, welches Modell die beste Patientenzufriedenheit erreichen wird (Flören & Reichel, 2011).

### **1.3.3 Scharnierprothesen**

Scharnierprothesen sind vollgekoppelte Knieendoprothesen, die derzeit in ca. 10–15 % der Fälle eingesetzt werden. Indikationen sind extreme Achsfehlstellungen von 20–25° sowie Insuffizienzen der aktiven und passiven Stabilisatoren wie Muskeln und Bänder. Bei diesem Typ von Prothese ist durch einen Zapfen, der sich im tibialen Anteil der Prothese befindet, eine Drehachse in nur einer Ebene möglich (Rabenseifner & Trepte, 2001). Die bisher verfügbaren 2- bis 6-Jahres-Ergebnisse einiger Scharnierprothesen sind zufriedenstellend bis gut, die Überlebensraten betragen 90 % (Flören & Reichel, 2011), (C, Beaupre, Johnston, & Suarez-Almazor, 2007). Dieses Verfahren wird aufgrund seines Achsmechanismus nur bei schwerwiegenden Bandinstabilitäten und schweren anatomischen Fehlstellungen verwendet, um stabile und gerade Verhältnisse wiederherzustellen (Jerosch et al., 2015).

### **1.3.4 Modulare (Tumor-)Endoprothesen**

Diese Art von Prothesen kommt nur bei Revisionen mit stark zerstörtem Knochenlager oder ossären Läsionen bei Neoplasien zum Einsatz und besteht in einem partiellen Ersatz des distalen Femurs bzw. der proximalen Tibia (Heisel & Jerosch, 2007).

### **1.3.5 Allgemeine Bemerkungen**

Für die Versorgung der Patella während der Primärimplantation gibt es verschiedene Optionen: Während bei Erhalt der Patella lediglich Femur- und

Tibiakomponenten verwendet werden, wird in einzelnen Kliniken bei der Primärimplantation die Patella ersetzt. Der Ersatz der Patellarückfläche birgt allerdings Gefahren (s. u.). Als Alternative zu einem Débridement der Patella mit Osteophytenabtragung bei schwerer retropatellarer Degeneration bietet sich der Patellarersatz aus PE an. Er wurde erstmals 1955 durch McKeever erwähnt und gilt heute als Standardeingriff im Rahmen der Prothesenimplantation (Flören & Reichel, 2011). Hier ist auf eine korrekte und spannungsfreie Zentrierung der Patella sowie eine exakte Positionierung der Femurkomponente bzgl. der Rotation zu achten, da es sonst bei einer zu sparsamen Resektion zu einer Druckerhöhung im femoropatellaren Gelenk mit vermehrter Spannung der Streckmuskulatur kommen kann, woraus eine eingeschränkte Beweglichkeit resultiert. Bei zu großzügiger Resektion und damit dünner werdender Patella hingegen besteht die Gefahr einer Patellafraktur. Die Indikation für einen Patellarrückflächenersatz sollte gründlich geprüft werden. Es gibt einige Vorteile, die für einen Ersatz der Patellarückfläche sprechen: höhere primäre Patientenzufriedenheit, geringerer anteriorer Knieschmerz, Prävention eines sekundären Knorpelabriebs sowie die schlechteren Erfolgsaussichten bei einer möglichen Sekundäroperation bei Erhalt der Patellarückfläche (Holt & Dennis, 2003).

Andererseits stehen diesen Vorteilen folgende Nachteile gegenüber: zusätzliches Risiko für einen PE-Abrieb oder eine Lockerung des Retropatellarersatzes, Patellafraktur oder das Risiko, einen zu straffen Bandapparat bei zu groß gewähltem Retropatellarersatz zu schaffen (Holt & Dennis, 2003). Für einen Ersatz sprechen somit höhergradiger Knorpelverlust bzw. Retropatellararthrose, patellofemorale Instabilität, ältere Patienten, bei denen nicht mehr von einem PE-Abrieb des Rückflächenersatzes auszugehen ist. Gegen den Retropatellarersatz sprechen schlechte Knochenqualität und eine zu dünne Patella (Swan, Stoney, Lim, Dowsey, & Choong, 2010), (Misra, Smith, & Fiddian, 2003). Aus diesen Gründen wird heute in den wenigsten Kliniken in Deutschland standardmäßig bei der Primärimplantation ein Retropatellarersatz eingesetzt (Aldinger, Clarius, Herre, & Martin, 2015a).

Als Oberflächenmaterialien der Prothesen dienen Cobalt-Chrom-Molybdän-Legierungen sowie Titanlegierungen und PE. Die Dauer der Prothesenfestigkeit ist abhängig vom Herstellungsprozess, insbesondere bzgl. des Temperaturverlaufs während des Schmiedevorgangs und der anschließenden Oberflächenverarbeitung. PE ist als Gleitpartner der femoralen Komponente mit dem Tibiaplateau durch seine glatte Oberfläche und seine geringen Reibungskräfte gut geeignet, um eine ideale Artikulation der Gelenkpartner zu ermöglichen.

Der Verankerungsmechanismus der Prothesenteile erfolgt mit Zapfen, Schrauben und mit bzw. ohne Zement. Seit den 1970er-Jahren wird mit Polymethylmethacrylat-Knochenzement gearbeitet, wobei ca. 80 % der Prothesen mit und ca. 5 % ohne Zement implantiert werden. In 15 % der Fälle wird lediglich ein Teil zementiert, eine sog. Hybridzementierung. Die Überlegenheit der jeweiligen Verankerung wurde in verschiedenen Studien untersucht, allerdings ließen sich im Langzeitverlauf keine signifikanten Unterschiede beobachten (Baker, Khaw, Kirk, Esler, & Gregg, 2007). Dennoch ist die zementierte Knieprothese heute noch der Standard (Flören & Reichel, 2011).

#### **1.4 Revisionsgründe**

Die meisten der implantierten Knieprothesen (92 %) haben mittlerweile Standzeiten von mehr als 10 Jahren (Argenson et al., 2013). Allerdings sind 7–13 % aller Endoprotheseneingriffe am Knie Revisionseingriffe (Flören & Reichel, 2011). Die Gründe für eine solche Revision werden nachfolgend detailliert dargestellt und sind u.a.:

- PE-Abrieb
- aseptische Lockerung
- tibiofemorale Instabilität
- Bewegungseinschränkung und Arthrofibrose
- periprothetische Infektion
- Malalignment
- periprothetische Fraktur

- Retropatellararthrose

#### **1.4.1 PE-Abrieb**

Ein PE-Abrieb kann bei Knieprothesen sowohl bei einem implantierten Retropatellarersatz auftreten als auch beim Tibiainlay. Materialverschleiß und Materialermüdung kommen wie bei allen anderen künstlichen Gelenken auch am Knie vor und sind im Laufe der Jahre nicht zu vermeiden. In Abhängigkeit vom Körpergewicht des Patienten und dessen Aktivität tritt eine solche Abnutzung der Gelenkteile früher oder später nach Implantation der Prothese auf. Weitere Gründe neben diesem gebrauchsbedingten Verschleiß sind falsche Implantatpositionierung, ungenaue ligamentäre Balancierung und der Einsatz eines zu dünnen Inlays. Aus diesem Grund wird heute standardmäßig ein Inlay der Dicke 8 mm in vielen Fällen empfohlen. Gefährlich werden Abriebpartikel, wenn sie eine Gewebereaktion hervorrufen und damit eine erhöhte Osteoklastenaktivität induzieren. Die Folgen sind Osteodestruktion und Implantatlockerungen, welche spätestens dann klinisch auffällig werden und eine Revision nötig machen (Gärtner & Scharf, 2008). Es sei auch erwähnt, dass ebenso Infektionen oder allergische Reaktionen eine Implantatlockerung hervorrufen können. Zur genauen Pathophysiologie dazu siehe unten.

Verschiedene Studien haben sich bisher mit dem Problem des PE-Verschleißes beschäftigt. Eine Studie untersuchte, inwiefern bewegliche PE-Plattformen zu einem geringeren Verschleiß führen als solche mit einer festen Verankerung auf dem Tibiateil. Allerdings konnten hier keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden (Zeng et al., 2013). Eine andere Studie befasste sich mit der Beschaffenheit des PE indem sie in vitro verglich, wie sich Standard-PE unter zwei verschiedenen Belastungen im Vergleich zu einem Cross-linked-PE (hergestellt durch höhere Bestrahlung) verhielt (Brockett, Jennings, Hardaker, & Fisher, 2012). Unter mittlerer Belastung war der Abrieb bei beiden Materialien nahezu identisch, erst bei höherer Belastung zeigte das Standard-PE eine höhere Abriebrate als das Cross-linked-PE.

Neben dem PE-Abrieb kann es auch zum Abrieb der Metalloberflächen sowie zum Abrieb von überstehendem Zement kommen. Schädigt der Zement dabei

die Prothesenoberflächen, spricht man von Drittkörperverschleiß. Aus diesem Grund sollten bei Primärimplantation sämtliche die Prothesenteile überragende Zementteile entfernt werden. Zur Diagnostik bietet sich neben der klinischen Untersuchung die Bildgebung mittels Röntgen und CT an.

#### **1.4.2 Aseptische Lockerung**

Die aseptische Lockerung ist einer der häufigsten Gründe für eine späte Revision einer Knieprothese (Dalury, Pomeroy, Gorab, & Adams, 2013; Mulhall, Ghomrawi, Scully, Callaghan, & Saleh, 2006; Schroer et al., 2013; P. F. Sharkey, Hozack, Rothman, Shastri, & Jacoby, 2002; Thiele, 2015). Eine aseptische Lockerung ist eine vorzeitige Prothesenlockerung, der kein Trauma oder Infekt vorangegangen ist. Ursächlich können u.a. durch fehlerhafte chirurgische Technik falsch ausgerichtete bzw. malrotierte Prothesenteile sein. Eine weitere Ursache stellt die mangelnde Osteointegration dar, wenn die Prothese von Beginn an eine nicht ausreichende Stabilität aufweist oder wenn die mangelnde Osteointegration durch kleine Abriebpartikel oder Verschleiß der Prothesenteile hervorgerufen wird. In der Folge kommt es zu Osteolysen, die die Lockerung weiter vorantreiben (Gallo, Goodman, Konttinen, Wimmer, & Holinka, 2013). Nicht zuletzt werden auf molekularer Ebene durch einen PE-Abrieb Makrophagen aktiviert, die über diverse Signalwege Entzündungsmediatoren freisetzen. Ein solches proinflammatorisches Milieu kann eine Osteointegration verhindern und so eine aseptische Prothesenlockerung begünstigen (Drees, Eckardt, Gay Renate, Gay, & Huber Lars, 2008).

#### **1.4.3 Tibiofemorale Instabilität**

Auch eine tibiofemorale Instabilität ist häufig Ursache für eine Revision einer Knie-TEP. Unterscheiden lassen sich hier die frühe Instabilität, verursacht meist durch fehlerhafte chirurgische Technik, von der späten Instabilität, deren Ursache meist in der Prothese selbst, z.B. Prothesenbruch, PE-Abrieb, Fraktur o. ä. gesucht werden muss (Pietsch & Hofmann, 2007). Diagnostisch spielt die klinische Untersuchung eine große Rolle. Hier sollte die Stabilität unter Varus- bzw. Valgus-Stress, sowie in 30°- und 90°-Beugung getestet werden. Zusätzlich

ist auch hier die Bildgebung mittels Röntgen und CT unumgänglich. Unterteilt werden die Instabilitäten nach ihrem Auftreten bei entsprechender Kniestellung:

**Extensions-Instabilität:** Diese lässt sich unterteilen in die *symmetrische* und die *asymmetrische* Extensions-Instabilität. Die symmetrische Extensions-Instabilität ist bedingt durch zu großzügige Femurresektion, wodurch der Gelenkspalt relativ zu groß wird. Dies kann im Rahmen einer Revisionsoperation durch eine Vergrößerung der femoralen Komponente oder Erhöhung des Inlays behoben werden. Die asymmetrische Form ist häufiger und meist verursacht durch fehlendes Weichteilbalancing und Beschädigung der Seitenbänder. Dies kann oft nur durch einen Prothesenwechsel mit Kopplungsmechanismus bzw. Rekonstruktion der Seitenbänder ausgeglichen werden.

**Flexions-Instabilität:** Diese Instabilität tritt bei Beugung auf, die durch ein zu kleines Implantat, durch einen ausgeprägten posterioren „Slope“ (der Abfallswinkel der tibialen Schnittfläche von ventral nach dorsal) oder durch eine Ruptur des hinteren Kreuzbands bei kreuzbanderhaltender Prothese verursacht werden kann. Revidiert werden diese Instabilitäten durch Wechsel der jeweiligen Prothesenteile bzw. durch Wechsel auf ein posterior stabilisierendes Modell.

**Midflexions-Instabilität:** Diese seltene und besondere Unterform der Flexions-Instabilität beschreibt eine Instabilität in 30°- bis 60°-Beugung, wohingegen das Knie in kompletter Streckung bzw. 90°-Beugung stabil bleibt. Die Daten hierzu sind noch nicht ausreichend, aber es wird davon ausgegangen, dass ein kompletter Wechsel mit sorgfältiger Rekonstruktion der Gelenklinie nötig ist (Ramappa, 2015).

**Genu recurvatum:** Diese seltene Instabilität in Form einer Hyperextension tritt v. a. bei Patienten mit rheumatoider Arthritis oder Poliomyelitis auf. Diese Patienten weisen häufig eine Verkürzung des iliotibialen Bandes oder eine Lähmung des Quadrizeps auf (Petrie & Haidukewych, 2016). Vorgebeugt werden kann dieser Situation durch femorale Unterresektion und Einlegen von distalen Augmenten in den Femur, wodurch es zu einer leichten Flexionskontraktur kommt (Chang, Lim, Lee, & Moon, 2014).

#### 1.4.4 Bewegungseinschränkung und Arthrofibrose

Hierunter versteht man eine gestörte Beweglichkeit im Knie durch verschiedene Faktoren. Dies können Quadrizeps- oder Patellasehnenrupturen sein, die in der internationalen Literatur als *Extensor Mechanism Deficiency* beschrieben werden, gelegentlich ist aber auch eine Arthrofibrose dafür verantwortlich.

Eine Arthrofibrose ist eine schmerzhafte Bewegungseinschränkung infolge einer narbigen Bindegewebsvermehrung. Unterschieden werden die primäre Arthrofibrose, die durch eine generalisierte Bindegewebsvermehrung hervorgerufen wird, und die sekundäre Arthrofibrose, die meist aufgrund von lokalen Prozessen wie einer Infektion oder mechanischen Irritation auftritt (Bosch, 2002). Als Therapie bzw. Prävention bieten sich hier Arthrolyse, Arthroskopie und Physiotherapie mit Bewegungsschiene an, ggf. auch der komplette Prothesenwechsel.

#### 1.4.5 Periprothetische Infektion

Durch Verbesserung der perioperativen Infektprophylaxe im Sinne von Antibiotika und sterilerem Arbeiten sind periprothetische Infektionen deutlich zurückgegangen, dennoch stellen sie nach wie vor ein großes Problem in der orthopädischen Chirurgie dar. Als Risikofaktoren werden chirurgische Wundinfektionen, vorbestehende maligne Grunderkrankungen, höheres Alter und Adipositas sowie Komorbiditäten wie rheumatoide Arthritis oder Diabetes mellitus vermutet. Bei den periprothetischen Infektionen unterscheidet man gemäß der Einteilung von Tsukayama et al. (1996) nach ihrem zeitlichen Auftreten:

- **Frühinfektion:** Infektion innerhalb von 3 Monaten nach Implantation
- **Spätinfektion:** Infektion nach mehr als 3 Monaten nach Implantation

Obwohl die häufigsten periprothetischen Infektionen auf Staphylokokken zurückzuführen sind (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*), umfasst das Erregerspektrum sowohl weitere grampositive Erreger wie Enterokokken als auch gramnegative Keime wie *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae* oder *Pseudomonas aeruginosa*. Die Bakterien haften sich an die Prothesenteile,

proliferieren dort und bilden einen Biofilm, der sie gegenüber Antibiotika schützt (Trieb, Heller, & Wirtz, 2011).

In der klinischen Untersuchung imponiert ein gerötetes und überwärmtes Knie. Daneben liefern Röntgenaufnahmen, auf denen Lysesäume und periostale Reaktionen erkennbar werden, und Szintigraphie wertvolle diagnostische Hinweise (Jerosch et al., 2015). Präoperativ sollte bei Verdacht auf eine Infektion eine Punktion unter sterilen Bedingungen erfolgen, um damit die Infektion und etwaige Erreger nachweisen zu können. Auch sollte eine laborchemische Untersuchung mit Bestimmung von CRP, BSG und PCT erfolgen. Das klinische Erscheinungsbild kann durchaus sehr variabel sein und dadurch die Diagnose erschweren: Von einem unauffälligen äußeren Befund bis zur offenen Fistelbildung sind alle Ausprägungen möglich. Am häufigsten schildern die Patienten eine Funktionseinschränkung. Je nach Ausprägung kann es bis hin zur septischen Implantatlockerung kommen (Militz & Buhren, 2010).

Bei einem Frühinfekt (bis drei Monate nach Implantation) kann davon ausgegangen werden, dass die Bakterien noch keinen stabilen Biofilm gebildet haben und es nicht zwingend nötig ist, die komplette Prothese zu wechseln. Eine Sanierung sollte trotzdem so schnell wie möglich erfolgen, um die Ausbildung eines Biofilms und eine periprothetische Osteitis zu verhindern. Die Therapie erfolgt mittels operativer Revision mit vollständiger Synovektomie und Entfernung aller beweglichen Teile, Spülung, systemischer Antibiose nach Antibiogramm für 6 Wochen und einer kurzfristigen Immobilisation (Militz & Buhren, 2010).

Bei einem Spätinfekt dagegen kann davon ausgegangen werden, dass sich bereits ein Biofilm gebildet hat und die Bakterien dadurch für Antibiotika oder das Immunsystem schlecht erreichbar sind (Zimmerli, Trampuz, & Ochsner, 2004). Zu diesem Zeitpunkt betrifft die Infektion nicht nur lokal den Gelenkraum, sondern es sind meist die Prothesenteile und die angrenzenden Knochen involviert. In diesem Fall erfolgt eine radikale Sanierung mit Ausbau der ganzen Prothese und Entfernung des Zementköchers sowie ein Weichteildébridement. Der Einbau der neuen Prothese wird meist zweizeitig vorgenommen (Militz & Buhren, 2010). In einer ersten OP erfolgt die Explantation der alten Prothese und ein ausführliches

Débridement sowie der Einbau eines antibiotikaversetzten Zementspacers unter Berücksichtigung des Antibiogramms der vorausgegangenen Punktion. In einer zweiten OP – wenige Wochen bis mehrere Monate später und in Abhängigkeit von Lokalbefund und Entzündungszeichen – erfolgt der Ausbau des Spacers und die Neuimplantation der Prothese (Trieb et al., 2011), (Zimmerli et al., 2004).

#### **1.4.6 Malalignment**

Ein Malalignment liegt vor, wenn Prothesen in einer Malrotationsstellung bzw. Fehlausrichtung durch nicht korrekt geplante chirurgische Vorgehensweise implantiert wurden. Die Patienten werden meist mit Schmerzen, Lateralisierung der Patella bis hin zu eventuellen Lockerungen, die durch die Achsfehlstellung verursacht wurden, vorstellig. Dabei kann die Achsfehlstellung folgende Gelenkteile betreffen: eine Achsfehlstellung zwischen Femur und Tibia oder Veränderungen in der Gelenkfläche; eine weitere Ursache kann eine falsch positionierte Patella sein (Perka, Tohtz, & Matziolis, 2006).

Das Malalignment wird einerseits durch eine knöcherne Fehlstellung, andererseits durch eine Dysbalance der Bandstrukturen verursacht. Dies erfordert i. d. R. zwei Korrekturen: Zum einen die der knöchernen Strukturen und zum anderen die der ligamentären Balancierung. Idealerweise werden die Prothesenteile so implantiert, dass sowohl die femorale als auch die tibiale Komponente mittig auf der Mikulicz-Linie liegen und dabei beide Teile senkrecht zu dieser Linie ausgerichtet sind. Die Mikulicz-Linie ist die mechanische Achse des Beins und verläuft von der Mitte des Hüftkopfs bis zur Mitte des oberen Sprunggelenks (Rabenseifner & Trepte, 2001).

Besonderer Beachtung bedarf die patellofemorale Gelenklinie. Viele Patienten klagen postoperativ über Schmerzen im Bereich der Patella, die unter Umständen durch ein patellofemorales Malalignment hervorgerufen werden können. Wird die Femurkomponente zu weit innenrotiert eingebracht, kommt es zu verstärkter Zugbildung im lateralen Bereich der Patella bei Beugung. Wird die Tibiakomponente in Fehlrotation eingebracht, ändert sich die Insertionsstelle der Patellarsehne, was zu Instabilität oder gar Patellaluxationen führen kann (Perka et al., 2006).

Die Diagnostik erfolgt neben der klinischen Untersuchung mit Prüfung der Kollateralbänder v. a. mittels Röntgenaufnahmen (Jerosch et al., 2015).

Behoben wird ein Malalignment i. d. R. durch Austausch der Prothesenteile und Neuresektion von Femur und Tibia sowie einer korrekten präoperativen Planung unter Berücksichtigung der Gelenklinie. Die Optimalversorgung besteht jedoch in der Prävention im Rahmen der Primärimplantation.

#### **1.4.7 Periprothetische Fraktur**

Durch steigende Fallzahlen in der endoprothetischen Versorgung nimmt ebenso die Anzahl an periprothetischen Frakturen zu, welche zu den schwerwiegenden Komplikationen gerechnet werden (Fuchs, Perka, & von Roth, 2016). Der Frakturmechanismus lässt sich unterteilen in einen peri- und einen postoperativen Mechanismus: Die perioperativen Frakturen treten während eines Implantationseingriffs auf und betreffen v. a. Tibia und Patella, die postoperativen und gleichzeitig häufigeren Frakturen treten oftmals 2–4 Jahre nach Primärimplantation auf und betreffen meist den Femur (Erhardt & Kuster, 2010). Insgesamt am häufigsten betroffen ist der Femur (2 %), gefolgt von Tibia (0,3–0,5 %) und Patella (0,15–0,6 %) (Burnett & Bourne, 2004). Postoperative periprothetische Frakturen treten meist als Folge eines Unfalls oder Sturzes auf.

Zu den Risikofaktoren für eine periprothetische Fraktur zählen Osteoporose, Osteomalazie, chronische Kortikosteroidtherapie und Morbus Paget, da diese mit reduzierter Knochenqualität einhergehen und das allgemeine Frakturrisiko erhöhen (Buecking, Bliemel, & Ruchholtz, 2013), (Fuchs et al., 2016), (Lindahl, Malchau, Oden, & Garellick, 2006), (Zhu et al., 2015). Weitere Risikofaktoren sind eine reduzierte Beugung mit nachfolgender Gangunsicherheit und erhöhtem Sturzrisiko oder eine Schwächung der anterioren Femurkortikalis („femoral notching“). Auch höheres Alter, weibliches Geschlecht, langjährige Kortikosteroideinnahme sowie neurologische Erkrankungen sind vermehrt mit periprothetischen Frakturen assoziiert (Kuzyk, Watts, & Backstein, 2017).

Diagnostiziert wird eine Fraktur durch Anamnese, körperliche Untersuchung, Röntgenaufnahmen und CT (Erhardt & Kuster, 2010). Hier ist insbesondere auf eventuell gelockerte Prothesenteile zu achten.

Die periprothetischen Frakturen werden in verschiedenen Klassifikationen berücksichtigt, wobei die Klassifikation für Femurfrakturen nach Rorabeck am weitesten verbreitet ist (Abb. 2) (Rorabeck & Taylor, 1999). Sie bezieht den Lockerungsgrad der Prothese mit ein und gibt Empfehlungen für die Therapie (Abb. 3) (Erhardt & Kuster, 2010).

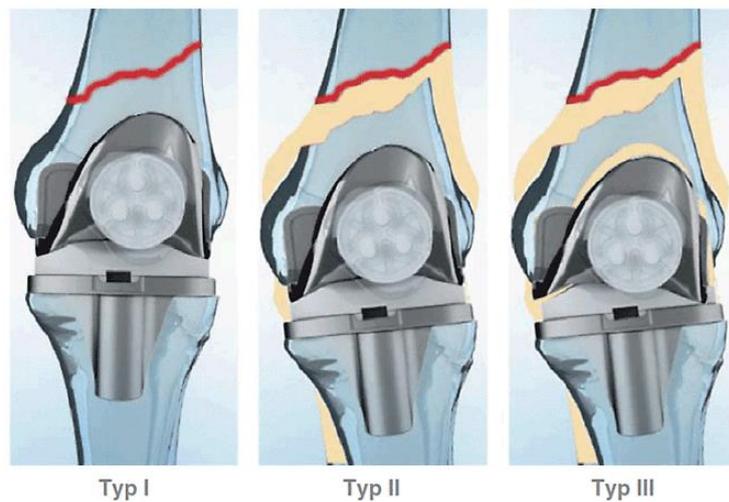


Abbildung 2: Klassifikation periprothetischer Femurfrakturen nach Lewis-Rorabeck (Hagel, Siekmann, & Delank, 2014).

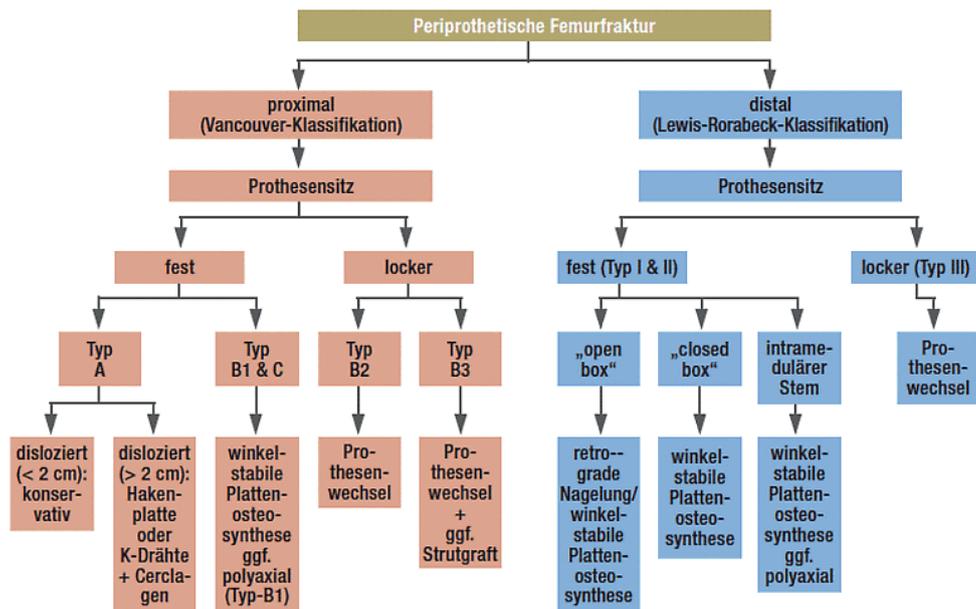


Abbildung 3: Therapiealgorithmus bei periprothetischen Femurfrakturen (Hagel et al., 2014).

Tibiafrakturen bei einliegender Prothese werden am häufigsten nach Felix et al. klassifiziert (Tab. 1) (Felix, Stuart, & Hanssen, 1997), (Frosch & Madert, 2015).

Tabelle 1: Klassifikation der Tibiafrakturen bei einliegender Prothese (Felix et al. 1997).

Typ 1	Fraktur strahlt in den Tibiakopf ein (Fissur oder Spalt)
Typ 2	Fraktur bezieht den gesamten Tibiakopf auf Höhe des Implantats ein
Typ 3	Fraktur befindet sich distal der tibialen Komponente
Typ 4	Fraktur betrifft isoliert die Tuberositas tibiae

Die vier Frakturtypen werden jeweils noch kombiniert mit dem Zusatz: A – stabile Prothese, B – gelockerte Prothese, C – intraoperative Fraktur.

Für Patellafrakturen wird die Klassifikation nach Goldberg verwendet (Tab. 2) (Goldberg et al., 1988), (Keating, Haas, & Meding, 2003).

Tabelle 2: Klassifikation der Patellafrakturen (Goldberg et al. 1988).

Typ 1	Vertikal verlaufende Fraktur mit intaktem Streckapparat
Typ 2A	Dislokation < 1 cm
Typ 2B	Dislokation > 1 cm
Typ 3	Fraktur mit intaktem Streckapparat und gelockertem Implantat

Die Therapie besteht aus operativer Versorgung mit dem Ziel einer baldmöglichsten Mobilisierung unter übungs- bzw. belastungsstabilen Verhältnissen. Dies kann wie bei einer Frakturbehandlung mittels Platten oder retrograder Marknagelung erfolgen oder den kompletten Prothesenersatz erfordern (Kuzyk et al., 2017). Intraoperativ sollte darauf geachtet werden, die anatomischen Achs- und Rotationsverhältnisse beizubehalten. Die Komplikationsrate nach der operativen Versorgung einer periprothetischen Fraktur kann bis zu 41 % betragen. Zudem kommt es bei älteren Patienten oft zu verzögerter Knochenheilung bzw. bei Osteoporose zu schlechter Fixierung der Implantate im Knochen, des Weiteren ist das Risiko für eine Infektion durch einen erneuten Eingriff erhöht (Ruchholtz, Tomás, & Gebhard, 2013).

#### **1.4.8 Sekundäre Retropatellararthrose**

Nicht bei jeder Primärimplantation wird ein Retropatellarersatz eingebracht, sodass es im Laufe der Zeit durch arthrotische Veränderungen notwendig sein kann, dies im Rahmen einer Revision nachzuholen. Insbesondere Patellaprobleme sind bei Knieprothesen keine Seltenheit, und die ursächlichen Faktoren bedürfen einer Abklärung. Die Patienten klagen oft über Schmerzen im

Bereich der Knievorderseite. Die Entscheidung, direkt bei Primärimplantation einen Retropatellarersatz einzubringen, hängt einerseits von präoperativ bereits bestehenden Patellaveränderungen, andererseits vom intraoperativen Befund und auch vom BMI und Alter des Patienten ab. Die Indikationsstellung für einen Retropatellarersatz ist kritisch zu bewerten, da es nicht selten zu Komplikationen kommt. So können Durchblutungsstörungen im Restknochen, PE-Abrieb, Lockerungen, Fehlrotationen sowie Frakturen vorkommen. Besonderer Fokus sollte auf die Resektion der Patella gerichtet werden, da es durch eine starke Veränderung der Patelladicke im Sinne einer zu geringen Resektion zu deutlich engeren Verhältnissen kommen kann (Trieb et al., 2011).

### **1.5 Diagnostik in der Revisionsendoprothetik**

Für die Sicherung der Diagnose bzw. für die Indikationsstellung und präoperative Planung einer Revisionsoperation sollte neben der klinischen und laborchemischen Untersuchung eine radiologische Abklärung erfolgen. Bei unspezifischen Beschwerden und Verdacht auf Lockerung oder Inlayverschleiß werden i. d. R. zuerst Röntgenbilder in sagittaler, koronarer und axialer Ebene vom gesamten Knie einschließlich der Patella angefertigt. Sofern Voraufnahmen vorhanden sind, sollte das aktuelle Röntgenbild mit den älteren Aufnahmen verglichen werden, um etwaige Lockerungen, Lysesäume oder andere Veränderungen frühzeitig zu erkennen (Gärtner & Scharf, 2008). Bei Verdacht auf eine Infektion bietet sich das PET-CT mit Fluordesoxyglukose mit einer Sensitivität von 83–95 % und einer Spezifität von 72–78 % an, um zwischen einer aseptischen und septischen Lockerung unterscheiden zu können (Crymes, Demos, & Gordon, 2004), (Zoccali, Teori, & Salducca, 2009). Das CT dient v. a. der Erkennung von Rotationsfehlstellungen. Das MRT ist aufgrund der Metallartefakte bei einliegenden Prothesen eher zu vernachlässigen (Trieb et al., 2011).

Bei Infektionsverdacht empfiehlt sich ein Labor mit CRP, PCT und BSG. Zudem sollte eine Gelenkpunktion mit Bestimmung von Zellzahl und Anteil an Granulozyten sowie der Nachweis von Erregern in der Kultur erfolgen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erfassung der Revisionsgründe, um mit den dabei erlangten Erkenntnissen die chirurgische Technik und die Prothesenmaterialien weiterzuentwickeln. Dazu wurden im Zeitraum Dezember 2007 bis Juni 2016 alle Knie-TEP-Revisionen der Orthopädischen Klinik der Universität Würzburg gesammelt und die jeweiligen Revisionsgründe untersucht und herausgearbeitet. Die Gründe für einen Wechsel wurden unterteilt in:

- PE-Abrieb
- aseptische Lockerung
- tibiofemorale Instabilität
- Bewegungseinschränkung und Arthrofibrose
- periprothetische Infektion
- Malalignment
- periprothetische Fraktur
- Retropatellararthrose

## **2 Material und Methoden**

Im Folgenden wird auf das Studiendesign und die Methoden zur Datenerhebung der vorliegenden Arbeit eingegangen.

### **2.1 Studiendesign**

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive Datenerhebung über die am König-Ludwig-Haus in Würzburg durchgeführten Revisionsoperationen von Knie-TEPs im Zeitraum vom 20. Dezember 2007 bis zum 2. Juni 2016. Es handelt sich um die größte bisher durchgeführte Studie zu Knieprothesenrevisionen.

### **2.2 Patientenkollektiv**

Insgesamt wurden im Zeitraum vom 20. Dezember 2007 bis zum 2. Juni 2016 am König-Ludwig-Haus in Würzburg insgesamt 1245 Knie-TEP-Revisionen an 451 männlichen und an 794 weiblichen Patienten durchgeführt. Dabei handelte es sich sowohl um Revisionen, deren Primärimplantation in diesem Haus durchgeführt wurde, als auch um Revisionen, deren Primärimplantationen an fremden Häusern erfolgt waren. Es wurden alle Revisionsoperationen in die Studie mit aufgenommen, somit auch Re-Revisionen. Es erfolgte keine Unterscheidung dahingehend, ob es sich bei der Primärprothese um einen uni- bzw. bikondylären Oberflächenersatz handelte, ob er zementiert oder unzementiert war oder ob bei der Primärimplantation ein Retropatellarersatz erfolgte oder nicht.

### **2.3 Datenerhebung**

Für die Datenerhebung wurden sämtliche Operationsberichte der 1245 Revisionsoperationen gelesen und die Gründe für das jeweilige Versagen der Prothese herausgearbeitet. Dabei wurden die Diagnosen übernommen, aus denen die Indikation zur Revision gestellt wurde. Folgende Diagnosegruppen konnten ermittelt werden:

„**PE-Abrieb**“: Handelte es sich bei der Indikation für die Revision um einen PE-Abrieb und war dies präoperativ durch Bildgebung und auch intraoperativ bestätigt worden, wurde das beschädigte Prothesenteil gewechselt.

„**Aseptische Lockerung**“: War präoperativ in der Bildgebung der Verdacht auf eine aseptische Lockerung gestellt worden, wurde dies intraoperativ exploriert und auch hier bei Bestätigung das jeweilige Teil gewechselt. Bei der Datenerhebung wurde nicht unterschieden, ob es sich dabei um einen Teilwechsel oder einen Komplettwechsel handelte.

„**Instabilität**“: Fiel in der klinischen Untersuchung, Anamnese und Bildgebung eine Instabilität auf und wurde diese intraoperativ bestätigt, war in den meisten Fällen nur ein Inlaywechsel, selten ein Prothesenteil- bzw. -komplettwechsel nötig.

„**Periprothetische Infektion**“: Bei einem Großteil der Patienten musste die Knieprothese aufgrund einer bakteriellen oder mykotischen Infektion entfernt bzw. revidiert werden. Zu dieser Kategorie wurden ebenfalls Prothesenlockerungen, die auf dem Boden einer Infektion entstanden waren, gerechnet. Eine zweizeitige Revision im Sinne von einem Ein- und Ausbau eines Spacers wurde in vorliegender Arbeit als ein Fall gezählt.

„**Periprothetische Fraktur**“: Einen weiteren Revisionsgrund stellte die „periprothetische Fraktur“ dar. Hier hatten i. d. R. Stürze oder Unfälle zum Bruch geführt. Es wurde nicht unterschieden, in welchem Bereich der Prothese der Bruch stattgefunden hatte, da die genaue Lokalisation nicht Gegenstand der aktuellen Studie war.

„**Extensor Mechanism Deficiency**“: Hierbei handelte es sich um Patienten, die nach Prothesenimplantation über ein Beuge- bzw. Streckdefizit klagten.

„**Arthrofibrose**“: Bei Bewegungsdefizit und intraoperativ festgestellten bindegewebigen Verwachsungen im Gelenk wurde die Revision aufgrund einer Arthrofibrose durchgeführt.

„**Sekundäre Retropatellararthrose**“: Musste die Prothese aufgrund arthrotischer Veränderungen an der Patellarrückfläche revidiert werden, wurden diese Patienten dieser Kategorie zugeordnet.

„**Malalignment**“: Stellte sich bei der klinischen Untersuchung und in der präoperativen Bildgebung heraus, dass die Prothese in Fehlstellung bzw. Fehlrotation implantiert worden war, wurden diese Revisionen aufgrund eines Malalignments durchgeführt.

„**Sonstiges**“: Eine kleine Gruppe an Revisionen konnte nicht den oben genannten Kategorien zugeteilt werden und wurde dementsprechend unter „Sonstiges“ gezählt. Darunter fielen Pseudarthrosen, Inlayluxationen, mechanische Komplikationen wie Achsstielbruch, Buchsenwechsel, Prothesenbruch, schmerzhafte Patella bipartita, Quadrizepssehnenrupturen, Patellanekrosen, pathologische Femurfrakturen, Impingement oder überdimensionierte Prothesenteile.

## **2.4 Statistische Auswertung**

Zur Auswertung der Daten und zur Erstellung der Diagramme wurde das Programm Microsoft Excel 2016 verwendet.

### 3 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Studie dargestellt. Diese resultieren aus der Auswertung der oben erwähnten OP-Berichte und geben Aufschluss über die unterschiedlichsten Indikationsstellungen für eine Revisionsoperation am Kniegelenk.

Zu Beginn erfolgt ein Überblick über die Geschlechterverteilung und die Revisionsgründe im Gesamten. Im Anschluss werden die einzelnen Revisionsgründe hinsichtlich der vergangenen Zeit nach der Primärimplantation aufgeschlüsselt.

#### 3.1 Patientengut

Über den Zeitraum vom 20. Dezember 2007 bis zum 2. Juni 2016 wurden 1245 Revisionen an Knie-TEPs durchgeführt, welche in die vorliegende Studie eingegangen sind (Abb. 4). Dabei waren 794 der Patienten weiblich (63,78 %) und 451 männlich (36,22 %).

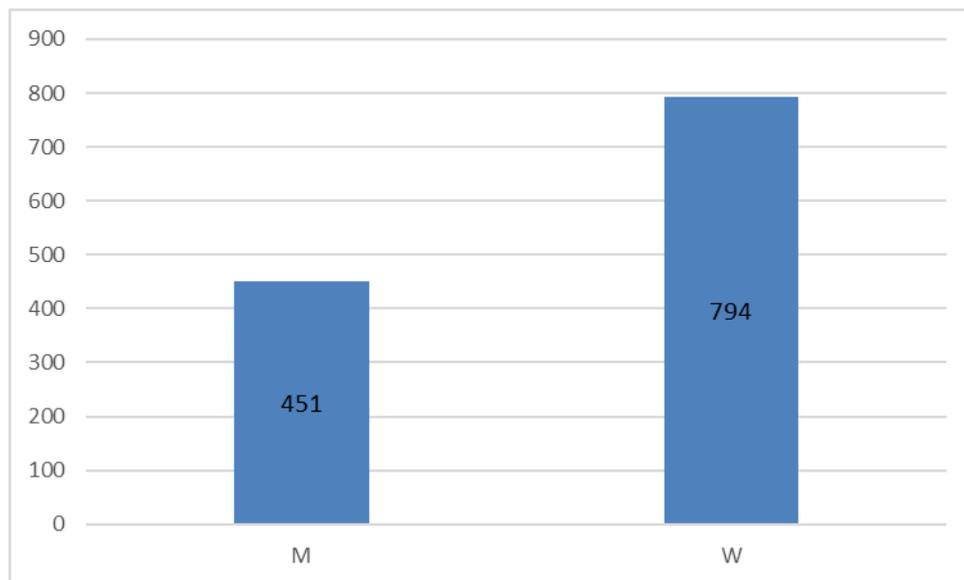


Abbildung 4: Geschlechterverteilung bei den untersuchten Knie-TEP-Revisionen.

### **3.2 Ursachen allgemein**

Bei den Gründen für eine Revision (Abb. 5) konnten – unabhängig vom Zeitraum zwischen Primärimplantation und Revision – am häufigsten die Instabilitäten gefunden werden, mit einer Anzahl von 385 Fällen; dies macht 30,92 % aller Revisionen aus.

In 370 Fällen ging die Revision auf eine Infektion im Allgemeinen zurück, was einem Anteil von 29,72 % entspricht. Zur Aufteilung in Früh- und Spätinfekt siehe Abschnitt unten.

Eine aseptische Lockerung trat in 282 Fällen (22,65 %) auf, in 179 Fällen (14,38 %) erfolgte die Revision aufgrund einer Retropatellararthrose, gefolgt von einem PE-Abrieb in 144 Fällen (11,56 %).

Die Ursache „Beuge-/Streckdefizit“ konnte in 132 Fällen (10,60 %) für eine Revision verantwortlich gemacht werden.

Kleinere Anteile machten das Malalignment (82 Fälle, 6,59 %), periprothetische Frakturen (49 Fälle, 3,94 %) sowie eine Arthrofibrose mit 39 Fällen (3,13 %) aus.

Unter „Sonstiges“ wurden 101 Fälle (8,11 %) gezählt; hierunter fielen Diagnosen wie Inlayluxation, Pseudarthrose, zu groß gewählte Prothesenteile, mechanische Komplikationen der Prothese wie Achsstielbruch oder Buchsenwechsel sowie Quadrizepssehnenrupturen oder pathologische Frakturen.

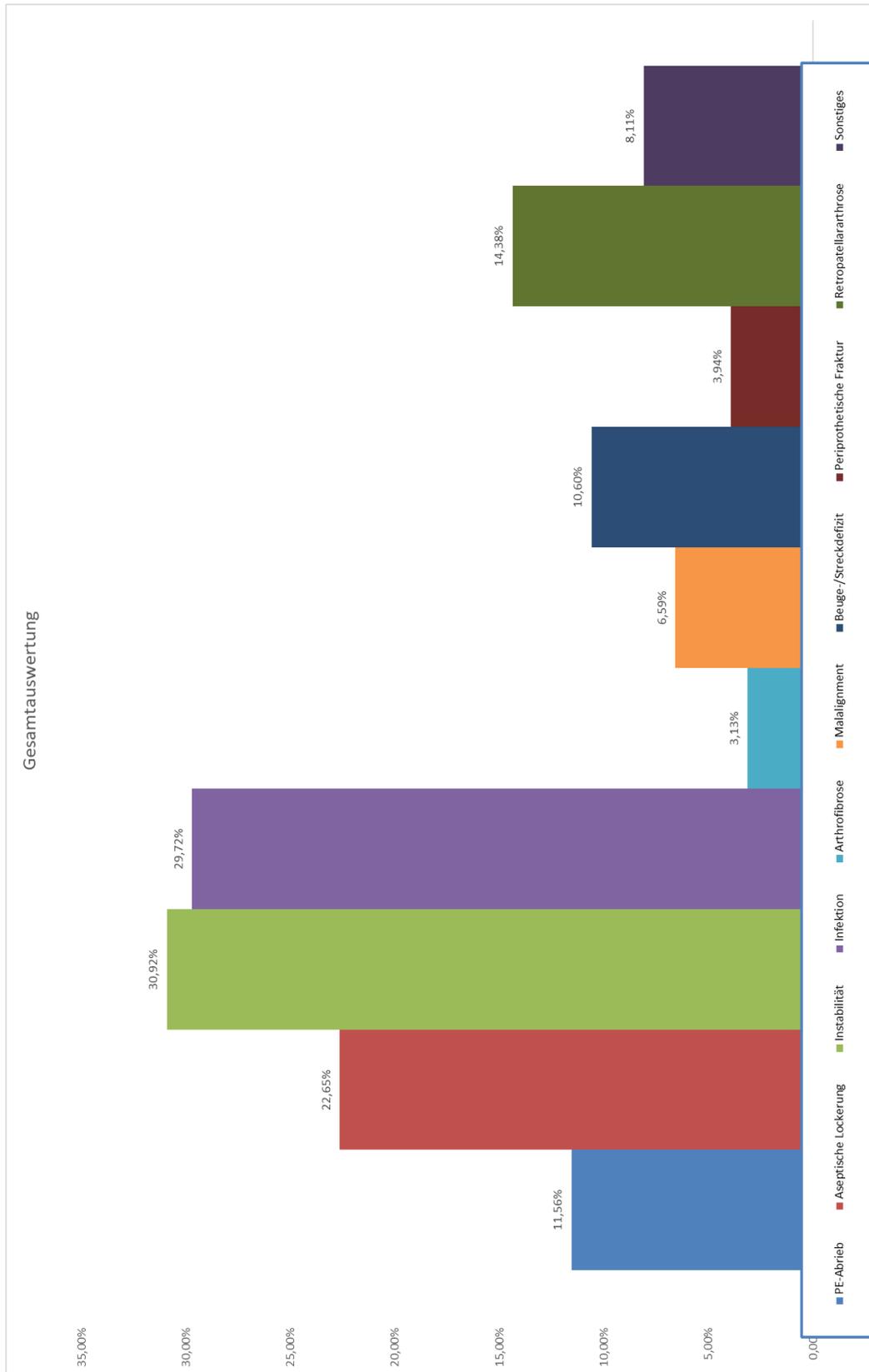


Abbildung 5: Revisionsgründe allgemein.

### 3.3 Zeitdauer bis zur Revision

Die 1245 Fälle wurden aufgeschlüsselt nach dem Zeitraum seit der vorangegangenen Operation, sei es Primärimplantation oder bereits eine Revision (Abb. 6). Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse: 400 Fälle (32,13 %) wurden bereits im 1. Jahr nach Implantation wieder revidiert, bis zum 2. Jahr weitere 281 Fälle (22,57 %) und im Zeitraum 2–5 Jahre 264 Fälle (21,20 %). Revisionen, die mehr als 5, aber weniger als 10 Jahre nach Primärimplantation erfolgten, gab es in 161 Fällen (12,93 %). Die Anzahl der Prothesen, die erst 10 Jahre oder später nach Primärimplantation erfolgten, betrug 114 (9,16 %).

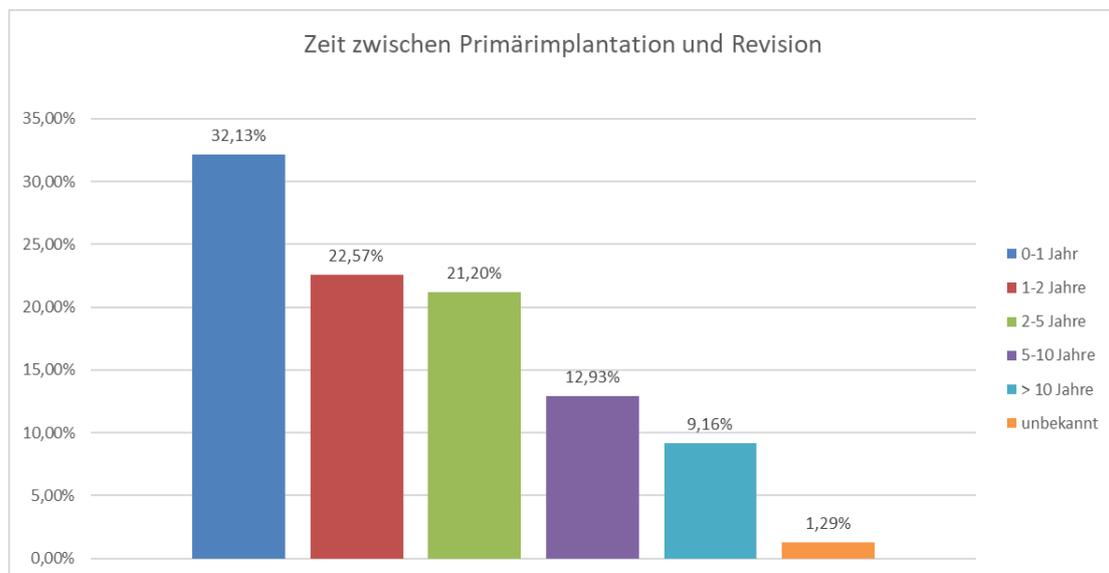


Abbildung 6: Zeit zwischen Primärimplantation und Revision.

### 3.4 Ursachen aufgeschlüsselt nach Dauer

Nach obiger allgemeiner Übersicht erfolgt nun eine Unterscheidung, welcher Zeitraum zwischen Primärimplantation und Revision bzw. zwischen den Revisionen lag. Dabei wurden folgende Zeiträume unterschieden:

- < 1 Jahr
- 1–3 Jahre
- > 3 Jahre
- Unbekannt

### **3.4.1 Zeitraum <1 Jahr**

Wenn die Prothese weniger als 1 Jahr bis zur Revision implantiert war, zählte als häufigster Grund für eine Revision die periprothetische Infektion (Abb. 7). Diese betraf im untersuchten Kollektiv 131 Patienten (25,05 %). Hier wurden die Patienten weiter in Früh- und Spätinfektionen nach Tsukayama eingeteilt. In 29 Fällen (2,32 %) lag ein sog. Frühinfekt vor, der innerhalb der ersten 3 Monate nach Implantation aufgetreten war. Zweithäufigste Indikation für einen so frühen Wechsel war eine Instabilität, die bei 105 Patienten (20,08 %) gefunden wurde. An dritter Stelle ist die Retropatellararthrose zu nennen, die bei 65 Patienten (12,43 %) vorlag. Mit 11,47 % (60 Patienten) machte ein Beuge- bzw. Streckdefizit den nächstgrößeren Anteil aus.

Eher seltene Gründe für einen Wechsel innerhalb des 1. Jahres sind eine aseptische Lockerung (52 Patienten, 9,94 %), ein Malalignment (23 Patienten, 4,40 %), ein PE-Abrieb (17 Patienten, 3,25 %), eine Arthrofibrose (17 Patienten, 3,25 %) sowie eine periprothetische Fraktur (13 Patienten, 2,49 %). 40 Patienten (7,65 %) wurden unter „Sonstiges“ eingeordnet. Die möglichen Gründe sind bereits oben erwähnt worden.

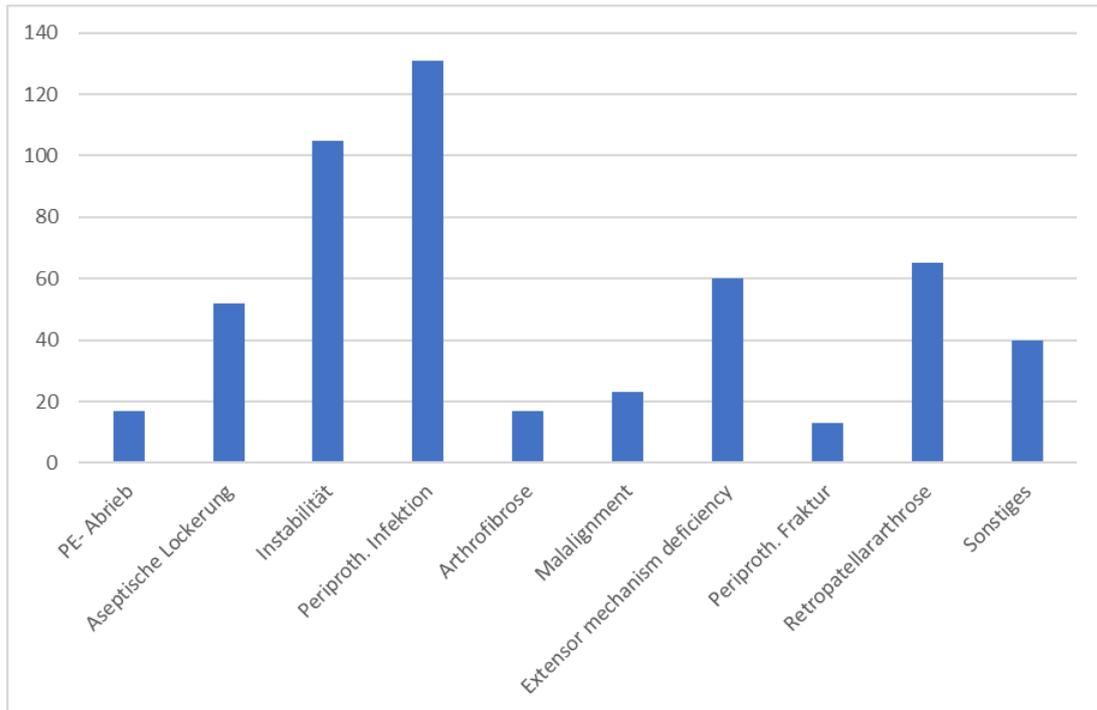


Abbildung 7: Gründe für eine Revision nach < 1 Jahr.

### 3.4.2 Zeitraum 1–3 Jahre

Im Zeitraum 1–3 Jahre war der häufigste Revisionsgrund eine Instabilität, die bei 140 Patienten (23,77%) angegeben wurde (Abb. 8). Als zweithäufigster Grund ist auch hier erneut die periprothetische Infektion mit 118 Patientenfällen (20,03 %) zu nennen. An dritter Stelle ist in diesem Zeitraum die aseptische Lockerung mit 85 Patienten (14,43%), die im Zeitraum unter 1 Jahr eher noch eine untergeordnete Rolle gespielt hatte. Auch in diesem Zeitraum ist die Retropatellararthrose mit 79 Fällen (13,41%) eine häufige Revisionsursache.

Eher untergeordnete Rollen spielen ein Beuge- bzw. Streckdefizit (51 Fälle, 8,66 %), ein Malalignment (30 Fälle, 5,09 %), ein PE-Abrieb (20 Fälle, 3,40 %), eine Arthrofibrose (19 Fälle, 3,23 %) und eine periprothetische Fraktur (11 Fälle, 1,87 %). 36 Patienten (6,11 %) wurden unter „Sonstiges“ klassifiziert.

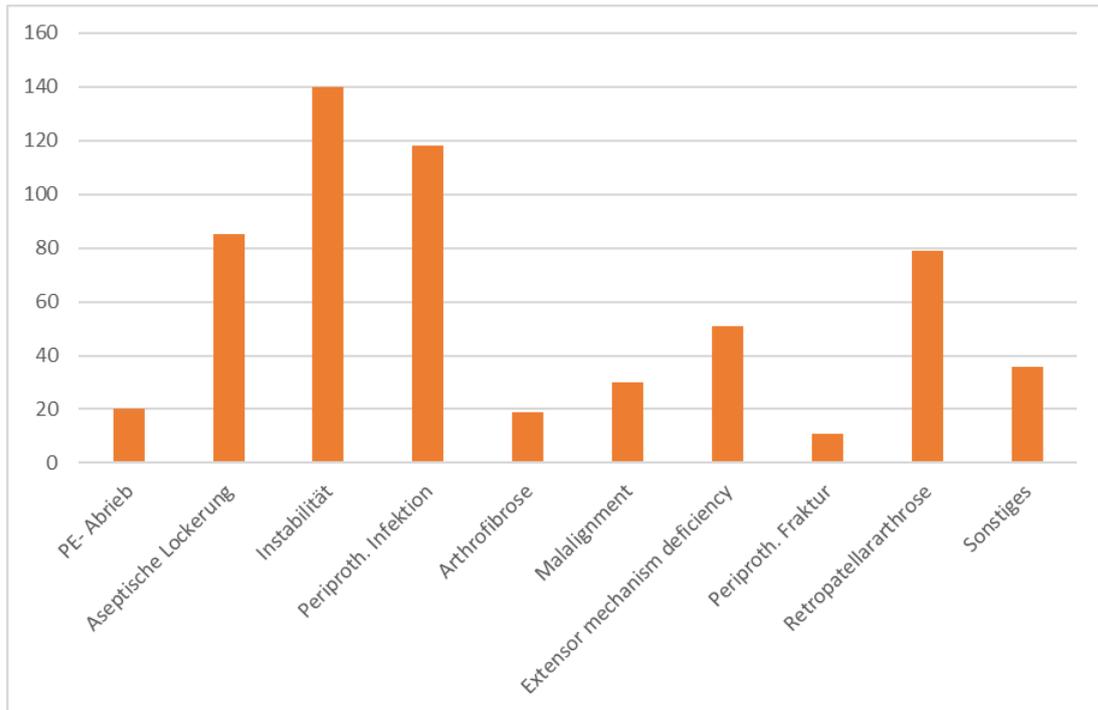


Abbildung 8: Gründe für eine Revision nach 1–3 Jahren.

### 3.4.3 Zeitraum > 3 Jahre

Im Zeitraum über 3 Jahre kann als Hauptgrund hier die aseptische Lockerung (140 Patienten, 22,44 %) genannt werden, gefolgt von einer Instabilität bei 138 Patienten (22,12 %) (Abb. 9). Eine große Rolle spielt auch hier wieder die periprothetische Infektion (109 Patienten, 17,47 %). Nach einem Zeitraum von 3 Jahren ist materialbedingt auch der PE-Abrieb bei 105 Patienten (16,83 %) als Ursache für späte Wechseloperationen zu nennen.

Eher seltene Gründe eines späten Wechsels sind eine Retropatellararthrose (34 Patienten, 5,45 %), ein Malalignment (30 Patienten, 4,81 %), periprothetische Frakturen und Beuge- bzw. Streckdefizit jeweils mit 21 Fällen (3,37 %) sowie eine Arthrofibrose, die lediglich bei 3 Patienten (0,48 %) als Revisionsgrund angegeben wurde. Unter „Sonstiges“ wurden 23 Patienten (3,69%) eingeordnet.

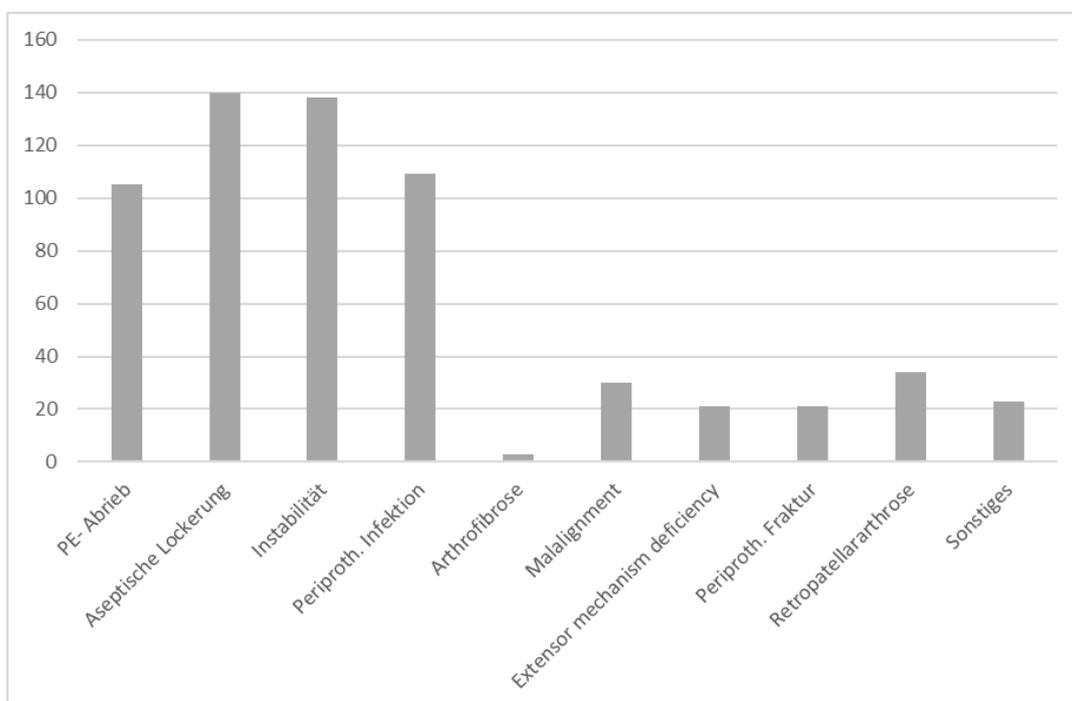


Abbildung 9: Gründe für eine Revision nach > 3 Jahren.

### 3.4.4 Unbekannter Zeitraum

Konnte bei der Auswertung der OP-Berichte nicht festgestellt werden, wann die Primärimplantation erfolgt war, wurden diese 28 Fälle unter unbekanntem Zeitraum klassifiziert (Abb. 10). Hier ließen sich folgende Ergebnisse finden: Hauptursache war bei 12 Patienten (42,86 %) eine periprothetische Infektion, gefolgt von einer aseptischen Lockerung bei 5 Patienten (17,86 %) und einer periprothetischen Fraktur bei 4 Patienten (14,29 %). Jeweils in 2 Fällen wurden PE-Abrieb und Instabilität gefunden. Bei 1 Patienten war der Grund der Revision eine Retropatellararthrose. Bei 2 Patienten (7,14 %) traf die Einordnung unter „Sonstiges“ zu.

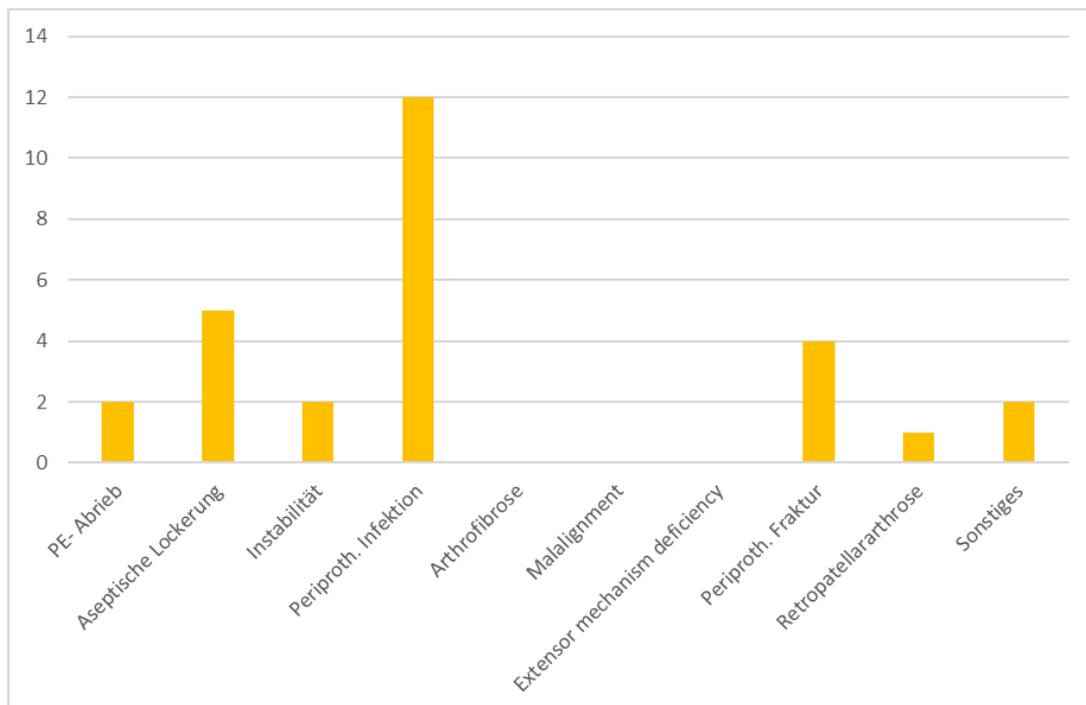


Abbildung 10: Gründe für eine Revision nach unbekanntem Zeitraum.

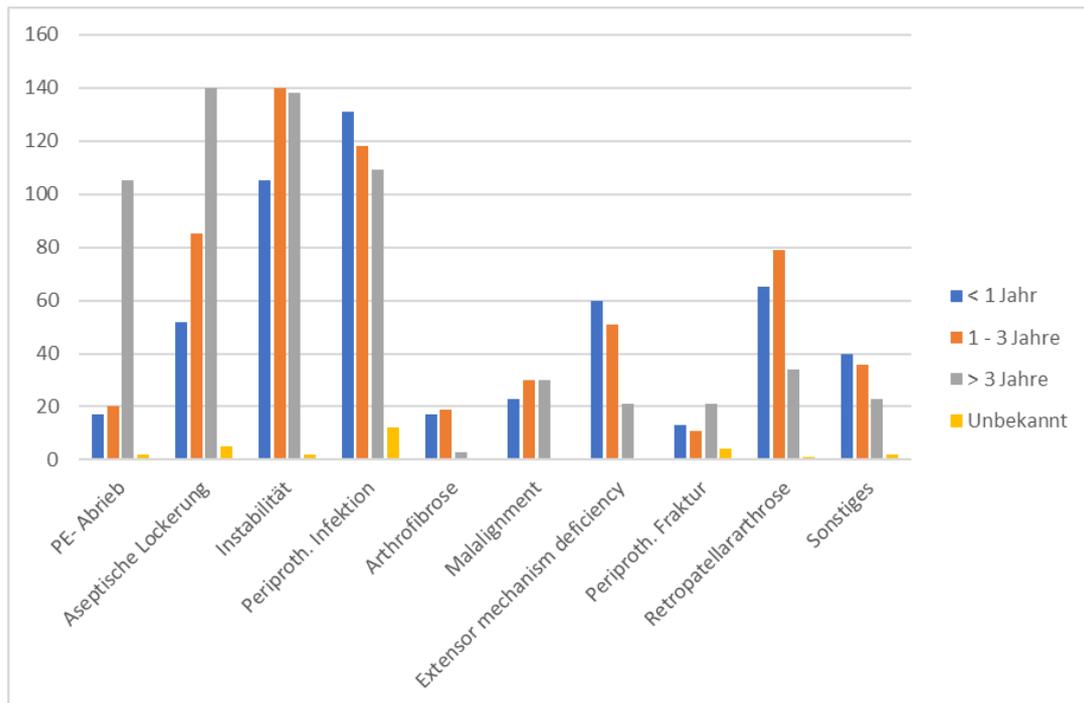


Abbildung 11: Gesamtübersicht über die Revisionsgründe.

## **4 Diskussion**

### **4.1 Fragestellung**

Der Frage nach den Ursachen der gehäuft notwendigen Revisionen bei Knieendoprothesen, wurde schon in vielen Studien nachgegangen. 2013 wurde eine Studie mit 844 Patienten mit Daten über einen Zeitraum von lediglich 1 Jahr von Schroer et al. durchgeführt (Schroer et al., 2013).

In der bisher bekannten Literatur wurde allerdings noch nicht ein so großer Datensatz erhoben und bearbeitet wie in der vorliegenden Studie, in die 1245 Revisionsfälle über einen Zeitraum von 8,5 Jahren eingingen. Im Folgenden werden nun die Ergebnisse der vorliegenden Studie mit Ergebnissen aus vorangegangenen Studien verglichen.

### **4.2 Stärken und Schwächen der Studie**

Als Stärke der vorliegenden Studie kann sicherlich der große Datensatz von 1245 Revisionsoperationen hervorgehoben werden. Diese Menge an den hier vorliegenden Daten lässt über einen so großen Zeitraum genauere Schlüsse zu. Bis jetzt gab es von Schroer et al. (2013) lediglich eine Studie mit 844 Patientendaten.

Eine weitere Stärke der Studie besteht darin, dass die verschiedenen Gründe in drei Zeiträume (< 1 Jahr, 1–3 Jahre, > 3 Jahre) eingeteilt wurden und somit einen genaueren Rückschluss auf den Zusammenhang zwischen dem Zeitraum der Primärimplantation und der Revision zulassen. Des Weiteren ist die einfache Durchführung als Stärke dieser Studie zu nennen.

Allerdings sind auch Schwächen zu erwähnen. Zum einen erfolgte keine Unterteilung der Diagnosen in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, Körpergewicht, BMI oder Größe. Zum anderen wurde auch nicht unterschieden, ob es sich bei den implantierten Prothesen um zementierte oder unzementierte Prothesen handelte, ebenso wurde nicht die Lokalisation einer etwaigen Lockerung berücksichtigt. So hätte man herausarbeiten können, ob nur ein Prothesenteil oder mehrere gelockert waren. Als weiteren Nachteil kann man erwähnen, dass die Primärimplantationen an verschiedenen Häusern und somit

von verschiedenen Operateuren und mit verschiedenen Techniken und Materialien durchgeführt worden waren. Die Operateure haben gewisse Vorgaben und Richtlinien zum Durchführen einer Knie-TEP, wodurch deren Handlungsspielraum eingeschränkt ist; die Daten hierzu sind aber prinzipiell zu vergleichen.

### **4.3 Revisionsgründe**

Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Studie mit den Ergebnissen anderer bereits durchgeführter Studien verglichen. In der Regel wurden in allen Studien die gleichen Revisionsgründe ermittelt. In einzelnen Studien erfolgte u. a. eine weitere Unterteilung der Revisionsgründe. Es wurde z. B. unterschieden, ob es sich um einen isolierten Patellaersatz handelte (P. F. Sharkey et al., 2002) oder in welchem Prothesenteil eine Lockerung aufgetreten war (Mulhall et al., 2006).

#### **4.3.1 Revisionsgründe allgemein im Vergleich**

Mit 30,92 % am häufigsten konnte in der vorliegenden Studie als Grund für eine Revision die Instabilität ermittelt werden, dicht gefolgt von Infektionen, die in 29,72 % der Fälle auftraten. An dritter Stelle steht in dieser Arbeit die aseptische Lockerung mit 22,65 %.

Dalury et al. (2013) ermittelten dagegen bei 820 Revisionen über einen Zeitraum von 11 Jahren die aseptische Lockerung als Hauptgrund mit 23,1 %, gefolgt von Infektion (18,4 %) und PE-Abrieb (18,1 %). Eine Instabilität konnte nur in 17,7 % der Fälle als Grund beobachtet werden.

Ebenfalls fanden Schroer et al. eine aseptische Lockerung als Hauptgrund für eine Revision. Sie fanden in ihrer Arbeit bei 844 Knierevisionen aus sechs Zentren innerhalb 1 Jahres in 31,2 % der Fälle die aseptische Lockerung, in 18,7 % Instabilitäten und in 16,2 % Infektionen (Schroer et al., 2013). Allerdings muss hierzu erwähnt werden, dass in dieser Studie lediglich die erste Revision berücksichtigt wurde und Re-Revisionen ausgeschlossen wurden. Denn bei mehrfachen Operationen an demselben Kniegelenk steigt das Infektionsrisiko erheblich.

In einer neueren Studie (Thiele, 2015) wurden dagegen ebenfalls wie in vorliegender Studie Instabilitäten (21,8 %) und aseptische Lockerungen (21,8 %) als Hauptursachen für eine Revision genannt. In dieser Studie war an dritter Stelle (20,7 %) ein Malalignment angegeben, noch deutlich vor der periprothetischen Infektion (14,5 %). In diese Studie gingen 358 Revisionen über einen Zeitraum von 5 Jahren ein. Die hohe Anzahl an Malalignments lässt sich dadurch erklären, dass in jüngerer Zeit das CT durch seine hohe Sensitivität einen zunehmenden Stellenwert in der Diagnostik des Malalignments erfährt, während in älteren Studien das CT noch nicht als Standardmethode in der Diagnostik angewandt wurde (Thiele, 2015).

Anzumerken ist, dass in der vorliegenden Studie pro Revision auch mehrere Gründe möglich waren, die sich durch ein Zusammenspiel der jeweiligen Gründe erklären lassen.

#### **4.3.2 Zeit zwischen Primärimplantation und Revision**

In der vorliegenden Studie wurden die Revisionen zudem nach dem Zeitraum zwischen Primärimplantation und Revision untersucht. Hierbei wurde nicht unterschieden, ob es sich um die erste oder Folgerevisionen handelte. Bei 400 (32,13 %) von 1245 Operationen erfolgte die Revision im 1. Jahr nach Primärimplantation, weitere 281 (22,57 %) Operationen erfolgten im 1.–2. Jahr und 264 (21,20 %) im Zeitraum von 2–5 Jahren. Ein deutlicher Sprung ist im Zeitraum 5–10 Jahre nach Primärimplantation zu sehen. In diesen Zeitraum fielen 161 (12,93 %) der Operationen, gefolgt von 114 (9,16 %) im Zeitraum über 10 Jahre. Bei 25 Operationen konnte nicht ermittelt werden, wann die Primärimplantation durchgeführt worden war.

Sharkey et al. unterschieden in ihren Studien (2002 bzw. 2014) jeweils nur die Zeiträume <2 und >2 Jahre. Sie fanden in ihrer ersten Studie, dass 55,6 % der Revisionen innerhalb der ersten 2 Jahre und die restlichen 42,4 % später als 2 Jahre nach Primärimplantation erfolgt waren (P. F. Sharkey et al., 2002). In ihrer neueren Studie (2014) beobachteten sie lediglich in 37,6 % der Fälle eine frühe Revision und in 62,4 % eine späte Revisionen (Peter F. Sharkey, Lichstein, Shen, Tokarski, & Parvizi, 2014). Eine weitere Studie analysierte 358 Revisionen,

die innerhalb von 5 Jahren durchgeführt worden waren (Thiele et al. 2015). In dieser Studie wurden 19,8 % der Patienten ermittelt, die innerhalb des 1. Jahres revidiert worden waren, weitere 45,5 % innerhalb von 1–3 Jahren und noch 34,6 % nach mehr als 3 Jahren (Thiele, 2015). Aus diesen Daten lässt sich kein direkter Trend ermitteln, zu welchem Zeitpunkt die meisten Revisionen erfolgten, allerdings ist ersichtlich, dass gerade kurz nach Primärimplantation verhältnismäßig viele Revisionen erforderlich sind, während mit zunehmendem zeitlichen Abstand nach Implantation der Prothese die Zahl der Revisionen abnimmt.

#### **4.3.3 Gründe für frühe Revisionen**

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse aus der vorliegenden Studie mit anderen Studien unter dem Aspekt der frühen Revisionen verglichen. Als „frühe“ Revisionen werden hier die Ergebnisse dieser Studie aus den Zeiträumen < 1 Jahr sowie 1–3 Jahre als Referenzen verwendet. Der häufigste Grund in der vorliegenden Studie für eine frühzeitige Revision innerhalb des 1. Jahres ist die periprothetische Infektion (25,05 %), gefolgt von Instabilitäten (20,08 %) und der Retropatellararthrose (12,43 %). Im Zeitraum 1–3 Jahre wurden als Hauptgründe vor allem die Instabilität (140 Fälle, 23,77 %) dokumentiert, Infektionen (118 Fälle, 20,03 %) und aseptische Lockerungen in 85 Fällen (14,43 %). Zu weiteren Gründen und Ergebnissen sei auf die oben genannten Ergebnisse verwiesen.

In einer Studie, die lediglich frühe Revisionen berücksichtigte, wurden als frühe Revisionen ein Wechsel innerhalb der ersten 5 Jahre nach Primärimplantation definiert. Dort waren in 38 % der Fälle Infektionen für eine Revision verantwortlich und in 27 % der Fälle Instabilitäten (Fehring, Odum, Griffin, Mason, & Nadaud, 2001).

Mulhall et al. untersuchten die Gründe für eine frühe Revision in einer Studie an 318 Patienten (Mulhall et al. 2006). Die Definition der Frührevision in dieser Studie, Eingriffe innerhalb der ersten 2 Jahre, erfüllten 31 % der untersuchten Patienten. Als Hauptgrund nennen die Autoren ebenfalls Infektionen (25,4 %) und führen die hohe Infektionsrate einerseits auf mangelhafte sterile perioperative Verhältnisse zurück, andererseits berichten sie von einer

Korrelation zwischen Diabetes mellitus und rheumatoider Arthritis und einer Infektion (Mulhall et al., 2006).

Ebenfalls als häufigste Ursache für eine frühe Revision (innerhalb der ersten 5 Jahre) beschreiben Dalury et al. in ihrer Studie die Infektionen (30 %), gefolgt von Instabilitäten (24 %) und aseptischen Lockerungen (14,8 %) (Dalury et al., 2013).

In einer weiteren Studie unterteilten die Autoren die Revisionen in vier Zeiträume: <2 Jahre, 2–5 Jahre, 5–15 Jahre und >15 Jahre (Schroer et al., 2013). Als Referenzen für den Vergleich der frühen Revisionen mit vorliegender Arbeit wurden die ersten zwei Zeiträume berücksichtigt. So wurde in der Studie von Schroer et al. bei 75 von 298 frühen Wechseln (25,2 %) innerhalb der ersten 2 Jahre eine Instabilität als Hauptgrund ermittelt, gefolgt von Infektionen in 22,8 % der Fälle und aseptischen Lockerungen in 18,8 % der Fälle. Im Zeitraum 2–5 Jahre wurden aseptische Lockerungen als Hauptgrund bei 82 der 210 (39,0 %) in diesem Zeitraum revidierten Knie gefunden. An zweiter Stelle stehen hier die Instabilitäten mit 39 von 210 Revisionen (18,6 %), gefolgt von 35 Fällen von Infektionen (16,7 %).

In einer jüngeren Studie wurden die gleichen Zeiträume wie in der vorliegenden Studie gewählt, <1 Jahr, 1–3 Jahre und >3 Jahre (Thiele et al. 2015). Auch hier wurden die Zeiträume bis 3 Jahre als Referenzen für frühe Revisionen betrachtet. Die Studie betrachtete über einen Zeitraum von 5 Jahren 358 Revisionen, von denen 19,8% bereits im 1. Jahr erfolgten. Als Hauptgrund wurden genauso wie in der vorliegenden Studie periprotetische Infektionen (26,8 %) gefunden, gefolgt von Instabilitäten (23,9 %). Als dritthäufigsten Grund wurde das Malalignment beschrieben, das bei 18,3 % der Fälle als Ursache genannt wurde. Im Zeitraum von 1–3 Jahren wurde bei insgesamt 163 Revisionen in 48 Fällen (29,4 %) ein Malalignment als Hauptursache angegeben. Zweithäufigster Grund war in 38 Fällen (23,3 %) eine Instabilität, gefolgt von 26 (16,0 %) aseptischen Lockerungen (Thiele, 2015). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind vergleichbar mit den Ergebnissen von Thiele et al. für den Zeitraum innerhalb des 1. Jahres. Im Zeitraum <3 Jahre sind allerdings Unterschiede zu finden. So spielt

ein Malalignment in der vorliegenden Studie nur eine untergeordnete Rolle und wird keinesfalls als führender Grund bewertet. Identisch hingegen sind die Ergebnisse betreffend Instabilität sowie die Ergebnisse zu den aseptischen Lockerungen.

In einer abschließenden Bewertung der Gründe für eine Frührevision zeigt sich, dass periprothetische Infektionen führend sind und diese in Zusammenhang mit mangelhaft hygienischen Umständen stehen (Mulhall et al., 2006). Zum anderen spielen aber auch Instabilitäten eine sehr große Rolle, die durch die endoprothetische Erfahrung und Geschicklichkeit des Operateurs vermieden werden könnten (Fehring et al., 2001; Peter F. Sharkey et al., 2014).

#### **4.3.4 Gründe für späte Revisionen**

Als späte Revisionen werden in vorliegender Arbeit die Operationen angesehen, die mehr als 3 Jahre nach Primärimplantation erfolgten. An erster Stelle steht bei den späten Revisionen die aseptische Lockerung, die in 140 Fällen (22,44 %) ursächlich für die Revision war; an zweiter Stelle stehen die Instabilitäten, die mit 138 Fällen (22,12%) nahezu gleich häufig wie eine aseptische Lockerung auftraten. Als weiterer wichtiger Hauptgrund ist trotz des langen Zeitraums nach Primärimplantation die periprothetische Infektion zu nennen. Sie wurde noch in 109 Fällen (17,47 %) als Indikation für eine Revision angegeben. Dieses Ergebnis ist unerwartet, da in anderen Studien die Anzahl der späten periprothetischen Infektionen deutlich geringer ist (s. u).

An vierter Stelle folgt mit ebenfalls noch relativ hohem Prozentsatz (16,83 %) in 105 Fällen der PE-Abrieb, was sich mit den Ergebnissen anderer Studien deckt. Weitere Gründe für eine späte Revision sind verhältnismäßig selten und spielen eine eher untergeordnete Rolle. Zu den genaueren Ergebnissen hierzu sei auf die oben genannten Daten verwiesen.

Sharkey et al. beobachteten in ihrer Studie an 212 Revisionen in 42,4 % der Fälle eine Spätrevision (>2 Jahre nach Primärimplantation) und ermittelten den PE-Abrieb als Hauptgrund für diesen Eingriff (Sharkey et al. 2002). In 44,4% aller Revisionen aufgrund eines PE-Abriebs erfolgten diese nach >2 Jahren. An zweiter Stelle werden die aseptischen Lockerungen genannt (34,4 %), gefolgt

von Instabilitäten in 22,2 % der späten Revisionsfälle (P. F. Sharkey et al., 2002). In ihrer neueren Studie aus dem Jahr 2014 konnten sie zeigen, dass v. a. der PE-Abrieb als Ursache für Spätrevisionen deutlich seltener war (4,3 %), ebenso wie Instabilitäten (10,3 %). Sie führen dieses Ergebnis auf die Weiterentwicklung von länger haltbaren Biomaterialien zurück. Allerdings nahm die Anzahl der aseptischen Lockerungen und Infektionen im Vergleich zur früheren Studie deutlich zu. Waren die aseptischen Lockerungen bei einer späten Wechseloperation in der älteren Studie bei 34,4 %, lagen sie in der neuen Studie bei 51,4 %, dagegen die Infektionen 21,9 % versus 7,8 % (Peter F. Sharkey et al., 2014). Die Studie von 2014 kam, genauso wie die vorliegende, ebenfalls zu dem Ergebnis, dass Infektionen auch bei den späten Revisionen eine entscheidende Rolle spielen.

In einer anderen Studie wurden folgende Ergebnisse gefunden: von den insgesamt 318 Patienten mussten 69 % zu einem späten Zeitpunkt (>2 Jahre nach Primärimplantation) revidiert werden (Mulhall et al. 2006). Auch hier waren die Hauptgründe für eine späte Revision PE-Abrieb, Instabilitäten und Lockerungen.

Dalury et al. kamen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass späte Revisionen, mehr als 5 Jahre nach Primärimplantation, ebenfalls aufgrund von PE-Abrieb (34,1 %) und aseptischen Lockerungen (24,1 %) sowie Instabilitäten (15,1 %) erfolgten (Dalury et al. 2013).

Wie oben bereits erwähnt, unterteilten Schroer et al. ihre Studiendaten in vier verschiedene Zeiträume, mit einer Zeit >5 Jahre nach Primärimplantation als Referenz für späte Revisionen (Schroer et al., 2013). Hauptgrund in der Gruppe, die 5–15 Jahre nach Primärimplantation revidiert wurde, war die aseptische Lockerung (39,8 %), gefolgt von Instabilitäten (16,1 %) und PE-Abrieb (15,3 %). Im Vergleich dazu war in dem Zeitraum >15 Jahre mit 48,5 % der PE-Abrieb führend. An zweiter Stelle folgten aseptische Lockerungen (29,9 %). Alle weiteren Gründe für späte Revisionen spielen im Zeitraum >15 Jahre eine untergeordnete Rolle. Auch diese Ergebnisse decken sich im Großen und Ganzen mit denen der vorliegenden Studie und zeigen ebenfalls auf, dass

PE-Abrieb in der Spätrevision-Gruppe eine große Rolle spielt, allerdings in den letzten Jahren durch Verbesserungen in der Herstellung und Verarbeitung von PE stark abgenommen hat. So lassen sich die hohe Anzahl an PE-Abrieben im Zeitraum >15 Jahre im Vergleich zu den niedrigeren Zahlen im Zeitraum <15 Jahre erklären.

Thiele et al. wählten für ihre Studie die gleichen Zeiträume, wie sie in dieser Studie verwendet wurden (Thiele et al. 2015). So wird auch hier der Zeitraum >3 Jahre als späte Revision definiert. Hauptgrund einer Revision in diesem Zeitraum war ebenfalls die aseptische Lockerung (34,7 %), gefolgt von PE-Abrieb (18,5 %) und Instabilität (18,5 %). Einen verhältnismäßig großen Anteil im Vergleich zu Vorliegender und anderen Studien machte das Malalignment (10,5 %) aus, was die Autoren bereits vor der Studie vermutet hatten und aufgrund verbesserten Verständnisses und besserer Diagnostik in ihrer Studie bestätigen konnten. Lediglich 8,9 % der Fälle waren für eine Revision aufgrund von Infektionen verantwortlich (Thiele, 2015). Auch diese Ergebnisse sind denen der vorliegenden Studie sehr ähnlich, wobei das Malalignment in der vorliegenden Studie einen eher geringen Teil ausmacht, da die Diagnose Malalignment nicht ohne Weiteres zu stellen ist, wenn man dem ursprünglichen Operateur nicht grobe Fehler unterstellen will.

#### **4.4 Ausblick**

Auch in Zukunft erscheint es sinnvoll, solche Studien durchzuführen, um die Versagensgründe der Knieprothesen weiter zu erforschen und damit die Revisionsrate möglicherweise langfristig zu senken. Das vorrangige Ziel einer Operation bzw. eines Eingriffs sollte immer die Zufriedenheit und das bestmögliche Ergebnis für den Patienten sein.

Mittlerweile besteht seit 2010 ein Endoprothesenregister in Deutschland (ERPD), das allerdings noch teilweise im Aufbau ist und mit weiteren Daten gespeist werden muss, damit auch national ähnliche Ausgangsdaten registriert werden, wie bereits in anderen Nationen, die schon seit Jahren derartige Daten sammeln. Solche Register sammeln alle Daten von Endoprothesen und werten diese aus. Damit können sich Ärzte, Industrie, wissenschaftliche Fachgesellschaften und

die Öffentlichkeit darüber informieren, wie die Qualität der Versorgung ist, welche neuen Operationsmethoden erfolversprechend sind und welche Langzeitqualität zu erwarten ist.

## 5 Zusammenfassung

Die Knieendoprothetik verzeichnet gerade in den letzten Jahren immer weiter steigende Zahlen, sodass es zu immer mehr Revisionsoperationen kommt. Ziele einer solchen Operation sollten immer ein möglichst schmerzfreies Leben des Patienten sowie die Wiederherstellung der Mobilität und Kniefunktion sein. Obwohl die Implantation einer Knieprothese heute zu den Standardeingriffen der Orthopädie gehört, kommt es immer wieder zum Versagen einer Prothese. Die Erfassung der Gründe für eine solche Revision ist wichtig, um die Qualität eines solchen Eingriffs zu erhöhen. Die vorliegende Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, eben diese Gründe zu ermitteln und statistisch zu analysieren. Dazu wurden in einer retrospektiven Studie über einen Zeitraum von 8,5 Jahren sämtliche Revisionsoperationen an Knieprothesen an der Orthopädischen Klinik der Universität Würzburg gesammelt und die OP-Berichte bearbeitet. Die darin dokumentierten Diagnosen wurden erfasst und tabellarisch – zuerst allgemein, später nach Liegedauer der Prothese aufgeschlüsselt – aufgelistet.

Allgemein, über alle 1245 analysierten Revisionen betrachtet, stellt die Instabilität mit 30,92 % den größten Anteil an Versagensgründen dar. Dicht gefolgt von Infektionen (29,72 %) und aseptischen Lockerungen (22,65 %).

Unterteilt nach Zeiträumen zwischen Revision und Primärimplantation von <1 Jahr, 1–3 Jahren, >3 Jahren (oder unbekannt), wurden die Gründe nach Liegedauer des Implantats aufgeschlüsselt. Im Zeitraum <1 Jahr nach Primärimplantation war die periprothetische Infektion (25,05 %) die häufigste Ursache, gefolgt von Instabilität (20,08 %) und Retropatellararthrose (12,43 %). Im Zeitraum 1–3 Jahren war die Instabilität mit 23,77 % am häufigsten, vor der periprothetischen Infektion (20,03 %) und der aseptischen Lockerung (14,43 %). Im Zeitraum >3 Jahre nach Primärimplantation war die führende Indikation für eine Revision die aseptische Lockerung (22,44 %), vor einer Instabilität (22,12 %) und einer periprothetischen Infektion (14,47 %).

Aus den genommenen Daten lassen sich Hinweise erarbeiten, welche Gründe hauptsächlich für das Versagen einer Knie-TEP ursächlich sind und somit

können Ansatzpunkte zur Verbesserung von Knie-TEP-Operationen herausgearbeitet werden.

Es bedarf weiterer Studien, um diese Ergebnisse zu analysieren und weiter zu unterteilen und um damit die Qualität des Eingriffs und das Outcome der Patienten zu verbessern.

Teile der Arbeit wurden 2018 im Journal „BMC Musculoskeletal Disorders“ veröffentlicht (Boelch et al., 2018).

## 6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Walldius-Prothese (Jerosch et al. 2015). .....	3
Abbildung 2: Klassifikation periprothetischer Femurfrakturen nach Lewis-Rorabeck (Hagel et al. 2014). .....	16
Abbildung 3: Therapiealgorithmus bei periprothetischen Femurfrakturen (Hagel et al. 2014). .....	17
Abbildung 4: Geschlechterverteilung bei den untersuchten Knie-TEP-Revisionen. ....	24
Abbildung 5: Revisionsgründe allgemein.....	26
Abbildung 6: Zeit zwischen Primärimplantation und Revision.....	27
Abbildung 7: Gründe für eine Revision nach < 1 Jahr. ....	29
Abbildung 8: Gründe für eine Revision nach 1–3 Jahren.....	30
Abbildung 9: Gründe für eine Revision nach > 3 Jahren.....	31
Abbildung 10: Gründe für eine Revision nach unbekanntem Zeitraum. ....	32
Abbildung 11: Gesamtübersicht über die Revisionsgründe. ....	33

## **7 Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Klassifikation der Tibiafrakturen bei einliegender Prothese (Felix et al. 1997).....	17
Tabelle 2: Klassifikation der Patellafrakturen (Goldberg et al. 1988). ....	18

## 8 Literaturverzeichnis

- Aldinger, P., Clarius, M., Herre, J., & Martin, J. (2015a). Welche Knieprothese ist für mich die richtige? In *Künstliches Kniegelenk: Fragen an die Spezialisten* (pp. 25-37). Munich: Urban und Vogel.
- Aldinger, P., Clarius, M., Herre, J., & Martin, J. (2015b). Wie sieht ein Kniegelenk aus und wie funktioniert es? In *Künstliches Kniegelenk: Fragen an die Spezialisten* (pp. 8-10). Munich: Urban und Vogel.
- Annual Report 2017*. (2017). Retrieved from Swedish national knee arthroplasty register: [http://www.myknee.se/pdf/SVK\\_2017\\_Eng\\_1.0.pdf](http://www.myknee.se/pdf/SVK_2017_Eng_1.0.pdf)
- Argenson, J. N., Boisgard, S., Parratte, S., Descamps, S., Bercovy, M., Bonneville, P., . . . Servien, E. (2013). Survival analysis of total knee arthroplasty at a minimum 10 years' follow-up: a multicenter French nationwide study including 846 cases. *Orthop Traumatol Surg Res, 99*(4), 385-390. doi:10.1016/j.otsr.2013.03.014
- Baker, P. N., Khaw, F. M., Kirk, L. M., Esler, C. N., & Gregg, P. J. (2007). A randomised controlled trial of cemented versus cementless press-fit condylar total knee replacement: 15-year survival analysis. *J Bone Joint Surg Br, 89*(12), 1608-1614. doi:10.1302/0301-620x.89b12.19363
- Boelch, S. P., Jakuscheit, A., Doerries, S., Fraissler, L., Hoberg, M., Arnholdt, J., & Rudert, M. (2018). Periprosthetic infection is the major indication for TKA revision - experiences from a university referral arthroplasty center. *BMC Musculoskelet Disord, 19*(1), 395. doi:10.1186/s12891-018-2314-1
- Bosch, U. (2002). Arthrofibrose. *Der Orthopäde, 31*(8), 785-790. doi:10.1007/s00132-002-0336-7
- Brockett, C. L., Jennings, L. M., Hardaker, C., & Fisher, J. (2012). Wear of moderately cross-linked polyethylene in fixed-bearing total knee replacements. *Proceedings of the*

- Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 226(7), 529-535.  
doi:doi:10.1177/0954411912445265
- Buecking, B., Bliemel, C., & Ruchholtz, S. (2013). Periprothetische Femurfrakturen–Inzidenz, Risikofaktoren, Klassifikation und Therapiestrategien. *OUP (Deutscher Ärzte-Verlag)*, 2, 259-267.
- Bundesamt, S. (2016). Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern ; Die 20 häufigsten Operationen vollstationär behandelter Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern 2016. (5231401167014). from Staatistisches Bundesamt  
[https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Krankenhaeuser/OperationenProzeduren5231401167014.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Krankenhaeuser/OperationenProzeduren5231401167014.pdf?__blob=publicationFile)
- Burnett, R. S., & Bourne, R. B. (2004). Periprosthetic fractures of the tibia and patella in total knee arthroplasty. *Instr Course Lect*, 53, 217-235.
- C, A., Beaupre, L. A., Johnston, D. W., & Suarez-Almazor, M. E. (2007). Total joint arthroplasties: current concepts of patient outcomes after surgery. *Rheum Dis Clin North Am*, 33(1), 71-86. doi:10.1016/j.rdc.2006.12.008
- Causero, A., Di Benedetto, P., Beltrame, A., Gisonni, R., Cainero, V., & Pagano, M. (2014). Design evolution in total knee replacement: which is the future? *Acta Biomed*, 85 Suppl 2, 5-19.
- Chang, M. J., Lim, H., Lee, N. R., & Moon, Y. W. (2014). Diagnosis, Causes and Treatments of Instability Following Total Knee Arthroplasty. *Knee Surg Relat Res*, 26(2), 61-67. doi:10.5792/ksrr.2014.26.2.61

- Crymes, W. B., Jr., Demos, H., & Gordon, L. (2004). Detection of musculoskeletal infection with 18F-FDG PET: review of the current literature. *J Nucl Med Technol*, 32(1), 12-15.
- Dalury, D. F., Pomeroy, D. L., Gorab, R. S., & Adams, M. J. (2013). Why are total knee arthroplasties being revised? *J Arthroplasty*, 28(8 Suppl), 120-121. doi:10.1016/j.arth.2013.04.051
- Drees, P., Eckardt, A., Gay Renate, E., Gay, S., & Huber Lars, C. (2008). Molekulare Signalwege der aseptischen Endoprothesenlockerung / Molecular pathways in aseptic loosening of orthopaedic endoprosthesis. In *Biomedizinische Technik/Biomedical Engineering* (Vol. 53, pp. 93).
- Erhardt, J. B., & Kuster, M. S. (2010). Periprothetische Frakturen am Kniegelenk. *Der Orthopäde*, 39(1), 97-108. doi:10.1007/s00132-009-1554-z
- Fehring, T. K., Odum, S., Griffin, W. L., Mason, J. B., & Nadaud, M. (2001). Early failures in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*(392), 315-318.
- Felix, N. A., Stuart, M. J., & Hanssen, A. D. (1997). Periprosthetic fractures of the tibia associated with total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*(345), 113-124.
- Flören, M., & Reichel, H. (2011). *AE-Manual der Endoprothetik* (D. Wirtz Ed.): Springer Berlin Heidelberg.
- Frosch, K.-H., & Madert, J. (2015). Kniegelenksnahe Frakturen bei Knie-TEP. [Periprosthetic Fractures around the Knee]. *OP-JOURNAL*, 31(01), 37-44. doi:10.1055/s-0035-1545838
- Fuchs, M., Perka, C., & von Roth, P. (2016). Periprothetische Frakturen nach Hüft- und Knieendoprothesenimplantation. *Der Unfallchirurg*, 119(3), 185-193. doi:10.1007/s00113-016-0144-x
- Gallo, J., Goodman, S. B., Konttinen, Y. T., Wimmer, M. A., & Holinka, M. (2013). Osteolysis around total knee arthroplasty: A review of pathogenetic mechanisms. *Acta Biomaterialia*,

- 9(9), 8046-8058.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.05.005>
- Gärtner, V., & Scharf, H. P. (2008). Revisionsendoprothetik am Kniegelenk. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, 3(04), 233-246. doi:10.1055/s-2008-1077515
- Goldberg, V. M., Figgie, H. E., 3rd, Inglis, A. E., Figgie, M. P., Sobel, M., Kelly, M., & Kraay, M. (1988). Patellar fracture type and prognosis in condylar total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*(236), 115-122.
- Hagel, A., Siekmann, H., & Delank, K.-S. (2014). Periprothetische Femurfraktur – eine interdisziplinäre Herausforderung. *Dtsch Arztebl International*, 658-664.
- Heisel, J., & Jerosch, J. (2007). *Rehabilitation nach Hüft- und Knieendoprothese*. Bad Urach: Deutscher Ärzteverlag.
- Holt, G. E., & Dennis, D. A. (2003). The role of patellar resurfacing in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*(416), 76-83. doi:10.1097/01.blo.0000092991.90435.fb
- Jerosch, J., Heisel, J., & Tibesku, C. (2015). *Knieendoprothetik*: Springer Verlag.
- Keating, E. M., Haas, G., & Meding, J. B. (2003). Patella fracture after post total knee replacements. *Clin Orthop Relat Res*, 416, 93-97.
- Kuzyk, P. R. T., Watts, E., & Backstein, D. (2017). Revision Total Knee Arthroplasty for the Management of Periprosthetic Fractures. *J Am Acad Orthop Surg*, 25(9), 624-633. doi:10.5435/jaaos-d-15-00680
- Lindahl, H., Malchau, H., Oden, A., & Garellick, G. (2006). Risk factors for failure after treatment of a periprosthetic fracture of the femur. *J Bone Joint Surg Br*, 88(1), 26-30. doi:10.1302/0301-620x.88b1.17029
- Militz, M., & Buhren, V. (2010). [Replacement of infected knee and hip endoprotheses]. *Chirurg*, 81(4), 310-320. doi:10.1007/s00104-009-1842-5

- Misra, A. N., Smith, R. B., & Fiddian, N. J. (2003). Five year results of selective patellar resurfacing in cruciate sparing total knee replacements. *Knee, 10*(2), 199-203.
- Mulhall, K. J., Ghomrawi, H. M., Scully, S., Callaghan, J. J., & Saleh, K. J. (2006). Current etiologies and modes of failure in total knee arthroplasty revision. *Clin Orthop Relat Res, 446*, 45-50. doi:10.1097/01.blo.0000214421.21712.62
- Niinimäki, T., Eskelinen, A., Makela, K., Ohtonen, P., Puhto, A. P., & Remes, V. (2014). Unicompartamental knee arthroplasty survivorship is lower than TKA survivorship: a 27-year Finnish registry study. *Clin Orthop Relat Res, 472*(5), 1496-1501. doi:10.1007/s11999-013-3347-2
- Perka, C., Tohtz, S., & Matziolis, G. (2006). Achskorrektur bei Knieendoprothesenrevisionen. *Der Orthopäde, 35*(2), 136-142. doi:10.1007/s00132-005-0905-7
- Petrie, J. R., & Haidukewych, G. J. (2016). Instability in total knee arthroplasty. *assessment and solutions, 98-B*(1 Supple A), 116-119. doi:10.1302/0301-620x.98b1.36371
- Pietsch, M., & Hofmann, S. (2007). Von der tibiofemorale Instabilität zur Luxation in der Knieendoprothetik. *Der Orthopäde, 36*(10), 917-927. doi:10.1007/s00132-007-1142-z
- Prescher, A. (2011). Anatomie des Kniegelenks (Articulatio genus). In D. C. Wirtz (Ed.), *AE-Manual der Endoprothetik: Knie* (pp. 1-18). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Rabenseifner, L., & Trepte, C. T. (2001). *Endoprothetik Knie (Indikation, Op-Technik, Fehlerreduktion)*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ramappa, M. (2015). Midflexion instability in primary total knee replacement: a review. *SICOT-J, 1*, 24-24. doi:10.1051/sicotj/2015020
- Rorabeck, C. H., & Taylor, J. W. (1999). Classification of periprosthetic fractures complicating total knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am, 30*(2), 209-214.

- Ruchholtz, S., Tomás, J., & Gebhard, F. (2013). Periprosthetic fractures around the knee – the best way of treatment. *Eur Orthop Traumatol*, 4, 93-102.
- Schroer, W. C., Berend, K. R., Lombardi, A. V., Barnes, C. L., Bolognesi, M. P., Berend, M. E., . . . Nunley, R. M. (2013). Why are total knees failing today? Etiology of total knee revision in 2010 and 2011. *J Arthroplasty*, 28(8 Suppl), 116-119. doi:10.1016/j.arth.2013.04.056
- Sharkey, P. F., Hozack, W. J., Rothman, R. H., Shastri, S., & Jacoby, S. M. (2002). Insall Award paper. Why are total knee arthroplasties failing today? *Clin Orthop Relat Res*(404), 7-13.
- Sharkey, P. F., Lichstein, P. M., Shen, C., Tokarski, A. T., & Parvizi, J. (2014). Why Are Total Knee Arthroplasties Failing Today—Has Anything Changed After 10 Years? *The Journal of Arthroplasty*, 29(9), 1774-1778. doi:http://doi.org/10.1016/j.arth.2013.07.024
- Swan, J. D., Stoney, J. D., Lim, K., Dowsey, M. M., & Choong, P. F. (2010). The need for patellar resurfacing in total knee arthroplasty: a literature review. *ANZ J Surg*, 80(4), 223-233. doi:10.1111/j.1445-2197.2010.05242.x
- Thiele, K. M. P., Carsten MD; Matziolis, Georg MD; Mayr, Hermann Otto MD; Sostheim, Michael MD; Hube, Robert MD. (2015). Current Failure Mechanisms After Knee Arthroplasty Have Changed: Polyethylene Wear Is Less Common in Revision Surgery. *Journal of Bone & Joint Surgery, American Volume*, 715-720. doi:10.2106/JBJS.M.01534
- Trieb, K., Heller, K.-D., & Wirtz, D. (2011). *Revisionsendoprothetik des Kniegelenks*. Berlin: Springer.
- Zeng, Y., Shen, B., Yang, J., Zhou, Z. K., Kang, P. D., & Pei, F. X. (2013). Is there reduced polyethylene wear and longer survival when using a mobile-bearing design in total knee replacement? *A meta-analysis of randomised and non-randomised controlled trials*, 95-B(8), 1057-1063. doi:10.1302/0301-620x.95b8.31310

- Zhu, Y., Chen, W., Sun, T., Zhang, X., Liu, S., & Zhang, Y. (2015). Risk factors for the periprosthetic fracture after total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Surg*, 104(3), 139-145. doi:10.1177/1457496914543979
- Zimmerli, W., Trampuz, A., & Ochsner, P. E. (2004). Prosthetic-joint infections. *N Engl J Med*, 351(16), 1645-1654. doi:10.1056/NEJMra040181
- Zoccali, C., Teori, G., & Salducca, N. (2009). The role of FDG-PET in distinguishing between septic and aseptic loosening in hip prosthesis: a review of literature. *Int Orthop*, 33(1), 1-5. doi:10.1007/s00264-008-0575-2

## 9 Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben.

Besonderer Dank geht an Herrn Prof. Dr. med. M. Hoberg, der mir diese Thematik überlassen hat und mir bei all meinen Fragen rasch und unkompliziert weitergeholfen hat.

## 10 Lebenslauf

Susanne Dörries

Geburtsort: Solingen

### **Ausbildung**

1997–2001 Grundschule Oberbeuren, Kaufbeuren,  
Deutschland

2001–2010 Marien-Gymnasium Kaufbeuren, Deutschland

2010 Allgemeine Hochschulreife

Okt 2011–Apr 2013 Studium der Biologie (zwecks  
Quereinstieg zu Medizin) an der Julius-Maximilians-  
Universität Würzburg

Apr 2013-Mai 2018 Studium der Humanmedizin an der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Aug 2014 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung (M1)

Nov 2016 Beginn der Promotion zum Thema: „Analyse der Gründe für Revisionsoperationen bei einliegender Knieprothese“

Apr 2018 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung (M2)

Mai 2018 Immatrikulation an der Technischen Universität München

Mai–Sept 2018 Chirurgie-Tertial am Klinikum Bogenhausen

Sept–Dez 2018 Wahlfach-Tertial (Radiologie) am Klinikum Schwabing

Jan–Apr 2019 Innere-Tertial am Klinikum Bogenhausen

Mai 2019 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung (M3)

Juni 2019 Erhalt der Approbation

Seit Jul 2019 Assistenzärztin in der Chirurgie am Klinikum Landsberg am Lech

---

Datum, Unterschrift